

УДК 528.932

Луцанова А. М.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ 3D МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЄФУ ЗА ДОПОМОГОЮ СУЧАСНИХ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ

У статті охарактеризовані традиційні методи зображення рельєфу та можливості аналізу карт рельєфу з використанням цифрових моделей рельєфу. Розглянуті питання особливостей створення та візуалізації 3D моделей рельєфу за допомогою сучасних програмних продуктів.

Ключові слова: рельєф, ЦМР, комп'ютерні технології.

© А. М. Луцанова

Вступ. Моделювання рельєфу, його аналіз і вивчення за побудованими моделями поступово стають невід'ємною частиною досліджень в науках про Землю (географія, геологія, тектоніка, гідрологія, океанологія, кліматологія і т.д.), а також в екології, земельному кадастрі та в різноманітних інженерних проектах. На зміну традиційним способам зображення рельєфу прийшли нові – комп'ютерні, які дозволяють швидше, точніше і наочніше зображати рельєф. Адже на відміну від двовимірної карти, тривимірні моделі рельєфу дозволяють чітко побачити на власні очі і візуально оцінити форму та «пластику» рельєфу, межі геоморфологічних одиниць, особливості будови річкового русла та інше.

Аналіз публікацій та досліджень. Проблемі та візуалізації 3D моделей рельєфу присвячена велика кількість наукових праць, зокрема можна виділити роботи вітчизняного вченого І. Ю. Василюха [1], в якій розглянуте питання особливостей цифрового моделювання складних типів рельєфу. Більш широко проблема розглядається в дослідженнях російських науковців В. Н. Філатова та К. В. Мазура [3], присвячених дослідженню проблем просторового відображення місцевості; Г. Ю. Фірсова [4], яке ознайомлює з цифровими моделями дна; П. Р. Ніконова [5] присвячених ArcGIS 3D Analyst3D, а саме візуалізації, топографічному аналізу та побудові поверхонь; В. В. Хромих та О. В. Хромих [2], яке присвячене цифровим моделям рельєфу.

Постановка проблеми та мета дослідження. На сучасному етапі розвитку науки та техніки, за тотального впровадження комп'ютерних технологій в усі сфери життя основним методом дослідження природних процесів та розв'язання породжених ними проблем стає 3D моделювання. Однак для його проведення потрібно мати адекватну модель рельєфу реальної місцевості у вигляді суцільної поверхні та володіти методами її дослідження. Така модель повинна давати змогу не лише швидко отримати необхідні числові дані, але й наочно зображати місцевість у вигляді об'ємної карти для перегляду, а також надавати інструментарій для дослідження цієї моделі та аналізу результатів. Саме тому на сьогоднішній день є великий попит на 3D методи зображення рельєфу, які набагато якісніше, точніше, швидше, наочніше відображають рельєф і потребують подальшого дослідження.

Метою даної статті є дослідження існуючих способів цифрового

зображення рельєфу, методів створення та візуалізації 3D моделей рельєфу, завдань, які можна виконати за їх допомогою, ступеня їх використання, можливостей подальшого вдосконалення і розвитку, а також огляд програмного забезпечення який використовується для їх створення.

Виклад основного матеріалу. До традиційних методів створення тривимірних моделей рельєфу можна віднести:

1. *Блок-діаграми.* Блок-діаграмою називається перспективне зображення рельєфу в межах деякого блоку, який наче вирізаний з тіла Землі. Виходить фігура, близька до паралелепіпеда, на якій верхня площина замінена рельєфним зображенням місцевості. Зображення блок-діаграми будується на площині в аксонометричній (паралельній) проекції або центральній проекції. Основою для її побудови служить топографічна або інша карта з горизонталями або ізобатами. При побудові блок -діаграми в центральній перспективі вибирається головна крапка, кілометрова сітка топографічної карти або сітка профільних ліній трансформується в перспективне зображення. Потім проводяться профільні лінії, по яких малюється зображення земної поверхні. Блок-діаграма, побудована з однієї точки перспективи, володіє змінним масштабом. Це робить зображення природнішим для спостереження, але ускладнює побудову, а також вимірювання за зображенням.

2. *Стереоскопічні моделі.* З геометричної оптики відомо, що об'ємне відчуття виникає в результаті стереоефекту при розгляді двох плоских перспективних зображень – стереопарами. Якщо кожне око бачить тільки один з компонентів стереопари, вона сприймається в єдиному, суміщеному образі як просторове зображення.

Зазвичай стереопари готують за допомогою фотографування натуральних об'єктів з двох точок зору, наприклад шляхом аерозйомки земної поверхні або фотографування рельєфних моделей місцевості – останнє для стереоефекту відмивки. Глибинне відчуття горизонталей виходить, коли одним малюнком слугує сама карта, іншим – її копія, що виконується з послідовним зсувом горизонталей і контурів.

Однією з істотних переваг технологій географічних інформаційних систем (ГІС) над звичайними традиційними картографічними методами досліджень є можливість створення просторових моделей у трьох вимірах. Основними координатами в таких ГІС-моделях, крім широти і довготи, слугують також дані про

висоту. При цьому система може оперувати з десятками і сотнями тисяч висотних відміток, а не з одиницями і десятками, що було можливо при використанні методів традиційної картографії. У зв'язку з доступністю швидкої комп'ютерної обробки величезних масивів висотних даних стає реальним створення максимально наближеної до дійсності цифрової моделі рельєфу (ЦМР). На основі ЦМР, у свою чергу, можливе швидке створення серії тематичних карт найважливіших морфометричних показників: гіпсометричної карти, карт крутизни та експозицій схилів, а на їх основі і карт ерозійної небезпеки, напрямків поверхневого стоку, геохімічної міграції елементів, стійкості ландшафтів. ЦМР як один із шарів інформаційного блока ГІС, що містить цифрову інформацію про відмітки топографічної поверхні у вигляді растра або TIN-моделі. У цьому випадку форма представлення вихідних даних про рельєф і спосіб відновлення значень топографічної поверхні по клітинках растра заданого розміру з використанням методів інтерполяції й екстраполяції складають основу її побудови.

Найбільш поширеним різновидом цифрової моделі рельєфу, що використовується, є цифрове подання топографічної поверхні у вигляді растру (растрова ЦМР, сіткова ЦМР, grid DEM). Побудова ЦМР у цьому випадку полягає в поширенні наявного обмеженого набору точкових даних про відмітки топографічної поверхні в прилеглі клітинки растра, що суцільно покриває дану територію, з використанням методів просторової інтерполяції. Структура даних в моделі GRID багато в чому відповідає структурі зберігання інформації в пам'яті сучасних комп'ютерів, тому алгоритми моделювання при їх створенні досить прості. Складність представляють собою методи зберігання інформації в GRID при високій щільності первинних даних. Можна відзначити наступні переваги подання ЦМР за допомогою GRID моделей:

- представляє ЦМР без необхідності її додаткової обробки;
- придатний для аналізу поверхонь;
- простий у зберіганні і маніпулюванні;
- легко об'єднується з растровими даними;
- при візуалізації здатний наочно демонструвати особливості рельєфу.

До недоліків використання «ґріда» можна віднести наступні:

- практично неможливо виділити екстремальні глибини;

- нездатність використовувати різні розмірності у єдиному «ґриді» для відображення ділянок поверхні з різною розчленованістю рельєфу;

- неефективність зберігання інформації (надмірна кількість вузлових точок у районах низькою розчленованістю рельєфу).

Цифрова модель рельєфу, що ґрунтується на TIN-моделі просторових даних, є сукупністю сполучених між собою плоских трикутних граней, що спираються на нерівномірно розміщену в просторі мережу точок з відомими відмітками топографічної поверхні. TIN-модель рельєфу дозволяє уникнути «надмірності» растрового різновиду ЦМР, що вимагає обов'язкового зберігання інформації про відмітки топографічної поверхні у всіх без винятку осередках растра. В TIN-моделі може зберігатися інформація тільки про відмітки характерних точок поверхні, розміщених на структурних лініях рельєфу (вододілах, тальвегах). У зв'язку з цим цей різновид ЦМР може забезпечити дуже компактне і досить ефективне і для візуального подання, і для виконання багатьох аналітичних процедур (обчислення відхилень, експозицій та ін.) зберігання інформації про рельєф даної території. При цьому очевидно, що інформативність точкових даних про рельєф істотно зростає, і це висуває високі вимоги до точності їх оцифровки. Оцінка адекватності того чи іншого способу побудови ЦМР, вибір оптимального з них для даного характеру рельєфу і суті розв'язуваних завдань у більшості випадків повинні ґрунтуватися на результатах зіставлення реального рельєфу (або його картографічного подання) і побудованих цифрових моделей. При цифровому моделюванні рельєфу виділяють декілька технологічних етапів, з якими можна ознайомитися в праці російських науковців В. Н. Філатова та К.В. Мазура [3].

Цифрові моделі рельєфу є основою розв'язання засобами ГІС-технологій досить широкого спектру завдань, основними з яких є:

- візуалізації рельєфу у двовимірному і тривимірному зображенні;

- визначення морфометричних характеристик рельєфу;

- побудови карт нахилів й експозицій схилів;

- побудови карт поздовжньої і поперечної кривизни схилів;

- обчислення і візуалізації зон видимості і невидимості для однієї або системи точок;

- розрахунки об'ємів щодо заданого висотного рівня;

- побудови профілів;
- побудови карт ліній течії;
- виділення структурних ліній рельєфу, у тому числі ліній ерозійної мережі, вододілів, оконтурювання водозборів.

Подальший розвиток тривимірного моделювання та анімаційних технологій привів до створення віртуальних геозображень, які поєднують в собі властивості карти, перспективного знімка, блок – діаграма та комп'ютерної анімації. У комп'ютерній графіці візуалізація віртуальної реальності передбачає, перш за все, застосування ефектів тривимірності і анімації. Саме вони створюють ілюзію присутності в реальному просторі та можливості інтерактивної взаємодії з ним. Для створення та візуалізації віртуальної моделі місцевості (ВММ) з досить високим ступенем реалістичності потрібне застосування програм, здатних обробляти тривимірні об'єкти з синтезованою («обтягнуті») текстурою (растровими картами або знімками). Всі існуючі програми, які надають подібні можливості, можуть бути розділені на кілька типів:

1. CAD-пакети, призначені для креслення або проектування (не для картографії), що містять вбудовані функції для візуалізації тривимірних об'єктів;
2. Програми для створення 3D-графіки і відеоефектів;
3. Картографічні програми (ГІС-пакети).

CAD-пакети (AutoCAD, Microstation і т.п.), як правило, не дають змоги створювати повноцінні ВММ в силу того, що вони просто не призначені для цього, однак при необхідності в них можна створити 3D модель рельєфу, з синтезованою текстурою, а також додати на модель додаткові об'єкти (будинки, споруди). Пакети дозволяють візуалізувати модель з будь-якого ракурсу або обертати її перед спостерігачем.

На відміну від пакетів систем автоматизованого проектування, програми для створення тривимірної графіки і відео (такі, як 3DStudio MAX) не настільки обмежені у функціях. У цих пакетах можна створити будь – яку, близьку до дійсності модель місцевості, незважаючи на те, що програми цього типу не призначені для виконання картографічних функцій (не підтримується прив'язка растрів, картографічні проекції, пошарове подання даних, бази даних тощо). До основних недоліків цих пакетів можна віднести неможливість перегляду місцевості в реальному часі, тому

що прорахунок кожного кадру може займати від декількох секунд до декількох годин. Також важким є створення великих детальних моделей місцевості. Проте якість графіки, яку можна одержати в результаті моделювання в таких програмах є дуже високо.

Серед програмного забезпечення ГІС, що дозволяє створювати ВММ, слід зазначити програму Virtual GIS, що входить до складу повнофункціонального комплексу ERDAS Imagine (Leica Geosystems), MultiGen, а також модуль 3D Analyst ГІС-пакету ArcGIS (ESRI). Дані пакети дозволяють текстурувати поверхні, наносити додаткові об'єкти, проводити прорахунок сцени в реальному часі, підтримують картографічні системи координат і проекції. Із згаданих програм найбільш багаті можливості має MultiGen, проте обрахування великих складних сцен в даній програмі утруднений. Можливостей Virtual GIS менше, проте на сьогоднішній момент ця програма дозволяє створювати найбільш великі ВММ високої роздільної здатності, обраховуючи їх у реальному часі і з гарною якістю. В даний час переважна кількість моделей будується в загальноземних прямокутних системах координат, що полегшує додавання в модель нових даних. Однак побудова моделі в цьому випадку вимагає прив'язки всіх даних що використовуються в роботі. Для реалістичного уявлення місцевості сучасна віртуальна модель повинна містити наступну інформацію:

- дані про рельєф (ЦМР);
- растрові зображення земної поверхні (скановані карти або знімки);
- векторні дані;
- підписи;
- тривимірні об'єкти спеціального призначення (складні моделі, імпортовані з інших програм для створення тривимірної графіки);
- додаткові растрові зображення або анімації.

Однією з найбільш важливих складових ВММ є ЦМР. Ступінь відповідності і деталізації віртуальної моделі реальної місцевості в основному залежить від точності передачі рельєфу земної поверхні. Чим точніша і детальніша модель рельєфу, тим більш реалістична модель. Проте на візуалізацію тривимірних сцен на обрахунок ЦМР може використовуватись від 50% до 98% обчислювальних потужностей комп'ютера, і тому зайва детальність при передачі земної поверхні недоцільна.

Ступінь детальності рельєфу залежить від цілей і можливостей стводавця ВММ. Однак потрібно відзначити, що місцевість можна впізнати тільки при використанні даних масштабу 1:200 000 і крупніших. Моделі, побудовані за даними більш дрібного масштабу, добре передають структуру хребтів в гірських районах, однак упізнаються ці хребти тільки при огляді їх з великих висот - у кілька разів вище самих хребтів. При побудові ЦМР по вітчизняних топокартах будь-якого масштабу дозвіл регулярної моделі рельєфу має становити 0,4-0,5 мм у масштабі карти. Більш великий крок сітки призводить до втрати наочності, дрібніший – до зайвої трати комп'ютерних ресурсів без необхідності.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Зображення рельєфу належить до постійних і незмінно актуальних проблем картографії. Впродовж історії виникали усе нові і нові способи його зображення. Вони розвивались і удосконалювались, виникали нові, починаючи від перспективних (картинних) і закінчуючи новітніми цифровими способами.

Розвиток тривимірного моделювання та анімаційних технологій привів до створення віртуальних геозображень, які поєднують в собі властивості карти, перспективного знімка, блок-діаграми та комп'ютерної анімації. Саме вони створюють ілюзію присутності в реальному просторі та можливості інтерактивної взаємодії з ним.

Як висновок слід зазначити, що сучасна віртуальна модель повинна містити наступну інформацію: дані про рельєф (ЦМР); растрові зображення земної поверхні (скановані карти або знімки); векторні дані; написи (текст); тривимірні об'єкти спеціального призначення (складні моделі, імпортовані з програм для створення тривимірної графіки); додаткові растрові зображення або анімації.

Взагалі, наявність чи потрібність використання тих чи інших елементів залежить від того чого прагне досягнути розробник моделі, та які цілі він ставить перед собою.

Рецензент – кандидат географічних наук, доцент В. І. Остроух

Література:

1. *Василиха, І. Ю.* Особливості цифрового моделювання складних типів рельєфу / Василиха І. Ю. // Геодезія, картографія та аерофотознімання. – 2007. – випуск 68. – С. 269-279.

2. *Хромых, В. В.* Цифровые модели рельефа: Учебное пособие / В. В. Хромых, О. В. Хромых. – Томск : ТМЛ-Пресс, 2007. – 164 с.
3. *Филатов, В. Н.* Основные проблемы пространственного представления местности в цифровых картографических изделиях / В. Н. Филатов, К. В. Мазур // Геодезия и картография. – 2007. – № 4. – С. 35-38.
4. *Фирсов, Г. Ю.* Цифровые модели рельефа дна в электронной геодезии / Фирсов Г. Ю. // Геодезия и картография. – 2008. – № 4. – С. 49-53.
5. ArcGIS 3D Analyst. Визуализация, топографический анализ, построение поверхностей : [пер. с англ. Никонов П. Р]. – ESRI White Paper, 2002. – с. 14.
6. Информационный сайт GISA.RU [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gisa.ru/>
7. Электронная статья «3DAnalyst» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dataplus.ru/soft/esri/ArcGIS/Extension/3DAnalyst.html>.

А. М. Луцанова

ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ 3D МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА С ПОМОЩЬЮ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ

В статье охарактеризованы традиционные методы изображения рельефа и возможности анализа карт рельефа с использованием цифровых моделей рельефа. Рассмотрены вопросы особенностей создания и визуализации 3D моделей рельефа с помощью современных программных продуктов.

Ключевые слова: рельеф, ЦМР, компьютерные технологии.

A. Lutsanova

THE PECULIARITIES OF CREATING AND USING OF 3D RELIEF MODEL USING MODERN SOFTWARE

There are characterized the traditional methods of relief representation and the possibilities of relief map analysis using digital relief models in the article. There are considered the peculiarities of creating and using of 3D relief model using modern software.

Key words: relief, DRM, computer technologies.

Надійшла до редакції 11 березня 2013 р.