

СТВОРЕННЯ 3D МОДЕЛІ РЕЛЬЄФУ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ EASY TRACE ТА ARCGIS

Розглянуто основні способи відображення рельєфу, досліджено спосіб створення та візуалізації об'ємних моделей рельєфу, охарактеризовано програмне забезпечення, яке використовується для їх створення, а також окреслені завдання, які можна виконати за допомогою цифрової моделі рельєфу (ЦМР).

Ключові слова: рельєф, ЦМР, 3D модель рельєфу, Easy Trace, ArcGIS.

Вступ. В останні роки дані цифрового рельєфу стають все більш відкритими. Їх використання пов'язане з сучасними комп'ютерними технологіями створення ГІС і дає абсолютно унікальний інструмент для аналізу різноманітних природних явищ. Актуальність застосування тривимірного моделювання в області ГІС пояснюється, насамперед, тим, що воно забезпечує більшу наочність й інтерпретованість даних, надає можливість найбільш повно передавати інформацію про зміни об'єктів і досліджуваного середовища з плином часу, а також дозволяє реалізувати ряд прикладних задач недоступних для вирішення з використанням двовірних даних. Саме тому, на сьогоднішній день є великий попит на такі методи зображення рельєфу.

Аналіз публікацій на цю тему. Дослідження цієї тематики велися багатьма авторами, зокрема: Хромих В. В, Хромих О. В. у праці «Цифровые модели рельефа» [8] в навчальному посібнику для студентів зроблена спроба показати весь процес створення цифрової моделі рельєфу, Костін А. В. – «Цифровая модель рельефа (методы создания и направления использования)» [6], Бурштинська Х. В. – «Теоретичні та методологічні основи цифрового моделювання рельєфу за фотограмметричними та картометричними даними» [3]. Ними розроблені методики побудови ЦМР та різні способи створення 3D моделей.

Мета статті полягає у висвітленні одного зі способів створення та візуалізації 3D моделі рельєфу.

Виклад основного матеріалу. Одним з найважливіших елементів змісту будь-якої карти є рельєф. Рельєф – головний елемент ландшафту. Він визначає розподіл і конфігурацію гідрографічної мережі, характер рослинності і ґрунтового покриву, мікроклімат та екологічні умови, розташування доріг і населених пунктів, – словом, всі особливості місцевості.

Зображення рельєфу на картах – одне із найскладніших питань в картографії, яке полягає у необхідності відображення на площині великої кількості нерівностей земної поверхні. Це питання здавна цікавило людей. На стародавніх картах великі форми рельєфу відображалися як невід’ємна складова ландшафту і як елемент орієнтування. Серед традиційних способів відображення рельєфу можна виділити такі: перспективне або картинне зображення рельєфу, спосіб горизонталей, штрихів, освітлені ізолінії, гіпсометричний спосіб, блок-діаграми.

Сучасна карта повинна давати тривимірне уявлення про місцевість, тобто, крім вимірів у горизонтальній площині, надавати можливість визначати види нерівностей земної поверхні, їх взаєморозташування і взаємозв’язки, взаємоперевищення і абсолютні висоти точок місцевості, а також стрімкість, форму і довжину схилів.

Перші експерименти по створенню цифрових моделей рельєфу відносяться до найбільш ранніх етапів розвитку геоінформатики та автоматизованої картографії першої половини 1960-х рр.

Цифрові моделі рельєфу – це особливий вид тривимірних математичних моделей, що представляє собою відображення «рельєфу» як реальних, так і абстрактних геополів (поверхонь). При цьому в якості «рельєфу поверхні» у цифровій моделі можуть виступати, крім реального рельєфу, різні інші показники і характеристики: атмосферний тиск, температура повітря, опади, пластовий тиск нафти, геофізичні поля, концентрація забруднюючих речовин тощо.

Під цифровою моделлю рельєфу – ЦМР (в англійській науковій літературі – Digital Elevation Model (DEM), інколи – Digital Terrain Model (DTM), хоча останній термін не є точним, оскільки його дослівним перекладом з англійської мови є термін «цифрова модель місцевості») – у геоінформатиці звичайно розуміють цифрове

подання топографічної поверхні у вигляді регулярної мережі клітинок заданого розміру (GRID DEM) або нерегулярної трикутної мережі (TIN DEM).

Автоматизація картографування привела до створення повсюдного використання цифрових моделей рельєфу – сукупностей (масивів, файлів) висотних відміток Z , взятих у вузлах деякої мережі точок з координатами X і Y і закодованих в числовій формі.

Останнім часом багато ГІС-проектів виконуються з використанням цифрових моделей рельєфу. Актуальність застосування тривимірного моделювання в області ГІС пояснюється, насамперед, тим, що воно забезпечує більшу наочність й інтерпретованість даних, надає можливість найбільш повно передавати інформацію про зміни об'єктів і досліджуваного середовища з плином часу, а також дозволяє реалізувати ряд прикладних задач недоступних для вирішення з використанням двомірних даних.

Завдання, які вирішуються шляхом застосування ЦМР різноманітні і серед них можна виділити наступні:

- обчислення ухилів та експозиції схилів, що важливо в будівництві доріг, сільському господарстві при виборі полів під культури з різними вимогами до освітленості та ін;
- аналіз поверхневого стоку на території;
- моделювання затоплення території;
- аналіз видимості, який використовують при плануванні комунікаційних мереж, у військовій справі та інших галузях;
- ортокорекція зображень;
- вимірювання площ і об'ємів, отримання профілів поверхні;
- перегляд даних у трьох вимірах, створення віртуальних польотів над місцевістю і світлотіньових моделей;
- точне визначення просторових, географічних координат об'єктів;
- комбінування тематичних шарів цифрової карти, а також даних аеро- та космічних знімків з використанням 3D об'єктів;
- здійснення реалістичного відображення території і віртуального пересування по моделі;
- аналіз зон видимості і визначення лінії погляду;
- проведення інтерполювання по точках висот.

Для вирішення таких завдань потрібні ЦМР з різною плановою і висотною точністю. Джерелами інформації для побудови ЦМР служать топографічні карти, стереопари аеро- і космічних знімків,

дані радіолокаційної зйомки і т.п.

У світі використовується досить велике число програмних продуктів для створення та аналізу ЦМР.

Модулі потужних повнофункціональних ГІС-пакетів мають найширші можливості з моделювання поверхонь. До них відносяться такі модулі: Spatial Analyst, 3D Analyst, Geostatistical Analyst ГІС-пакета ArcGIS (ESRI Inc.), Vertical Mapper програми MapInfo (MapInfo Corp.), Autodesk Map 3D системи AutoCAD (Autodesk Inc.), Terrain пакета GeoMedia (Intergraph Corp.), ERDAS Imagine (LeicaGeosystems), комплекси MultiGen Creator Terrain Studio і MultiGen VegaPrime (MultiGen – Paradigm), програми ArcScene і ArcGlobe ГІС-пакета ArcGIS (ESRI Inc.), а також модуль SiteBuilder 3D (MultiGen – Paradigm) для ArcGIS.

Найбільш відомі вузькоспеціалізовані пакети програм для роботи з ЦМР це: Surfer (Golden Software Inc.) і MicroDEM / Terra Base (U.S. Naval Academy). Як правило, вони включають функції створення ЦМР різними методами і побудови тематичних карт на їх основі.

Первинні дані цифрового моделювання рельєфу створюються в одному з двох найбільш широко поширених представленнях поверхонь (полів) в ГІС: растровому поданні (GRID DEM) або нерегулярної трикутної мережі (TIN), або з використанням тих чи інших операцій приводяться до такого виду.

Розглянемо один із способів створення і візуалізація 3D моделі рельєфу.

Першим і одним з найбільш трудомістких етапів роботи з картографічними даними на комп'ютері є переведення інформації з паперових оригіналів в цифрову векторну форму.

EASY TRACE PRO є пакетом програм для напівавтоматичної інтерактивної векторизації кольорових і чорно-білих растрових зображень.

Зазвичай процес векторизації растрового картографічного зображення складається з наступних етапів:

- 1) географічна прив'язка растрів (геометрична корекція і об'єднання растрових фрагментів);
- 2) підготовка растрів до векторизації (бінаризація, чистка растрів і створення тематичних шарів з кольорових растрів);
- 3) векторизація в напівавтоматичному і ручному режимах;
- 4) редагування шарів і перевірка топологічної коректності;

5) експорт векторних даних в ГІС.

ArcGIS має розвинені засоби для створення і роботи з ЦМР, підтримуючи як растрову модель представлення даних про рельєф (у форматі GRID), так і модель TIN.

ArcGIS 3D Analyst від ESRI є додатковим модулем в лінійці ArcGIS, який включає інструменти для 3D візуалізації, аналізу та побудови поверхонь. Модуль забезпечує можливість 3D моделювання та аналізу, наприклад, аналізу зон видимості і визначення лінії погляду, інтерполяцію по точкам висот, побудова профілів і ізоліній, обчислення шляху з найбільшим ухилом, одержання карт відмивки рельєфу, ізоліній. Крім того, користувачі можуть виконати розрахунки площинних і об'ємних характеристик поверхонь, нахилу, експозиції та відмивки рельєфу. 3D Analyst також забезпечує широкий набір засобів інтерактивної візуалізації в перспективі.

3D Analyst надає широкі можливості для високоточного моделювання невеликих областей з використання моделей TIN. Моделі TIN зазвичай застосовуються для точного моделювання невеликих областей, наприклад, в інженерних додатках, де вони корисні завдяки можливості обчислень площ поверхні.

Для створення TIN-моделі рельєфу потрібно один або кілька шарів, що мають в атрибутивній таблиці значення абсолютної висоти. В даній роботі використовується шар горизонталей (лінійний).

Для початку, завантажуюмо в проект потрібні шари, які були попередньо експортовані з Easy Trace. До них відносяться лінійні об'єкти (горизонталі потовщені, основні, додаткові, форми рельєфу, наприклад, яри, промоїни, ями, осипи, обриви) та полігональні об'єкти (форми рельєфу).

Далі необхідно об'єднати горизонталі в один шар, для цього виконуємо функцію «злиття» («merge») і зберігаємо його разом з іншими шарами.

Потім заповнюємо таблицю атрибутивними даними, а саме: вказуємо назву, висоту та топокод горизонталі.

Для побудови TIN-моделі виконуємо ряд команд: ArcToolbox – 3D Analyst Tools – Tin Management – Create Tin. Вибираємо шар і поле висоти, на основі яких буде побудована майбутня TIN-модель (рис. 1).

Після побудови моделі потрібно відредагувати легенду (для цього викликаємо її властивості і переходим на вкладку Symbology).

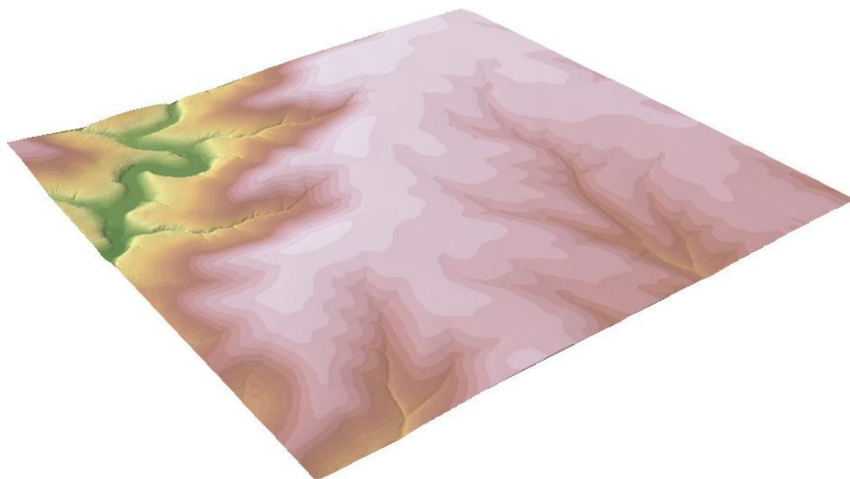
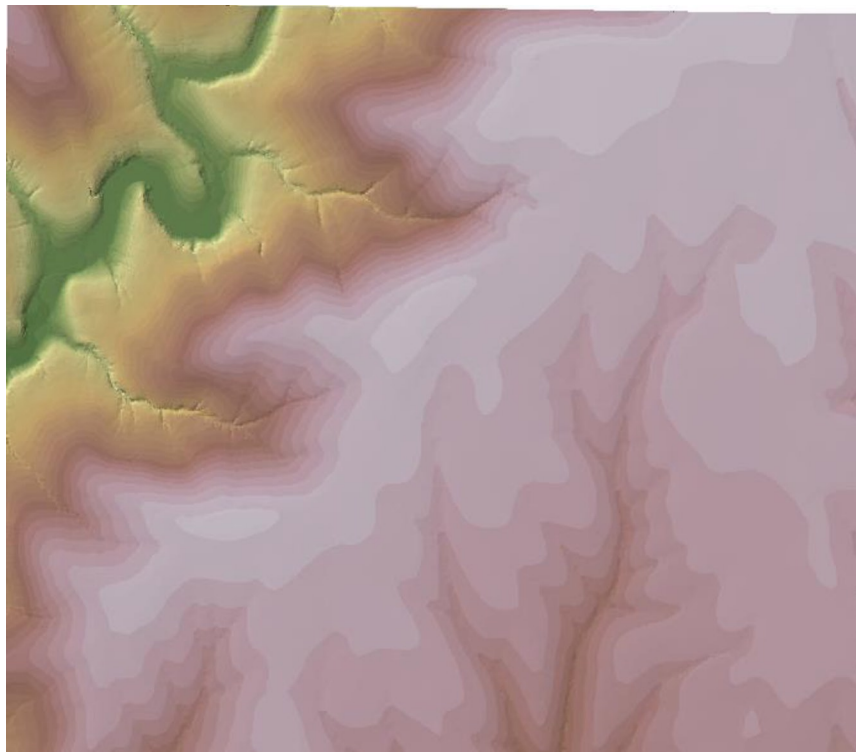


Рис. 1. TIN-модель рельефу створена в 3D Analyst

ArcMap представляє широкі можливості для розфарбування рельєфу (колірні шкали) і класифікації (кнопка Classify). Можна задати будь-яку кількість градацій і будь-які інтервали між ними, колірні шкали також підлягають редагуванню.

Надалі TIN можна модифікувати і уточнювати, додаючи нові шари будь-яких типів, що мають у атрибутиці абсолютні висоти.

Програма ArcScene, що входить до складу повнофункціонального ГІС-пакета ArcGIS, призначена для побудови тривимірних моделей комп'ютерних анімацій на основі даних ArcGIS.

Першим кроком до створення тривимірної моделі є завантаження ЦМР (TIN або GRID) за допомогою команди «Додати дані». Двічі клацнувши на назві доданого шару ЦМР, викликати вікно «Layer Properties» (Властивості шару) і підібрати стилі відображення моделі.

Далі в документ сцени необхідно додати векторні шари: рельєф та форми рельєфу. Для відображення доданого векторного шару, потрібно викликати «Властивості шару» і підібрати символи. Слід зауважити, що нові дані в ArcScene завантажуються не на тривимірну модель рельєфу, а як би під неї – на нульову площину. Щоб «обтягнути» модель векторними або растровими даними якогось шару, треба у вікні «Властивості шару» на закладці «Базові висоти» вибрати опцію «Отримати висоти» для шару з поверхні і вказати ту модель, яку планується «драпірувати».

Висновки. 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. Така 3D 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. Комп'ютерна обробка просторових даних знаходить широке застосування для аналізу поширення ділянок забруднень, в моделюванні родовищ корисних копалин, у багатьох проектах зі сталого розвитку територій тощо.

Широке застосування тривимірного моделювання пояснюється

забезпеченням більшої наочності таких моделей, наданням можливості найбільш повно передавати інформацію про зміни рельєфу з плином часу, а також дозволяє розв'язувати прикладні задачі, недоступні для вирішення з використанням двовірних даних.

Рецензент – асистент О. Ю. Яценко

Література:

1. Берлянт А. М. Картографія [Текст] / А. М. Берлянт. – М. : Изд-во МГУ, 2002. – 350 с.

2. Божок А. П. Картографія : підруч. для студ. геогр. ф-тів вищ. навч. закл. [Текст] / А. П. Божок, А. М. Молочко, В. І. Остроух. – Київ. нац. ун-т ім. Т. Шевченка. – К. : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. – 271 с.

3. Бурштинська Х. В. Теоретичні та методологічні основи цифрового моделювання рельєфу за фотограмметричними та картометричними даними : дисертація д-ра техн. наук: 05.24.02 [Текст] / Національний ун-т «Львівська політехніка». – Л., 2003. – 36 с.

4. Бурштинська Х. В. Цифрове моделювання рельєфу за картометричними даними [Текст] / Бурштинська Х. В., Заяць О. С., Лелюх Д. І. // Геодезія, картографія та аерофотознімання. – 2004. – випуск 65. – С. 81-87.

5. Картоведение: Учебник для вузов [Текст] / [А. М. Берлянт, А. В. Востокова, В. И. Кравцова и др.; Под ред. А. М. Берлянта]. – М. : Аспект Пресс, 2003. – 477 с.

6. Костин А. В. Цифровая модель рельефа (методы создания и направления использования) [Текст] / А. В. Костин // Наука и техника в Якутии № 1 (20). – 2011.

7. Хромых О. В. Компьютерная графика для географов : Учеб. пособие [Текст] / О. В. Хромых. – Томск : Изд-во Том.ун-та, 2003. – 108 с.

8. Хромых В. В. Цифровые модели рельефа [Текст] / В. В. Хромых, О. В. Хромых. – Томск, ТМЛ-Пресс, 2007. – 177 с.

9. ArcGIS 3D Analyst. Руководство пользователя : Пер. с англ. [Текст] / под ред. Т.Г.Лейс. – М. : Изд-во МГУ, 1998. – 105 с.

10. Easy Trace professional Ver. 9.x : Руководство пользователя. Часть 1 [Текст]. – 268 с.

О. С. Зубченко

**СОЗДАНИЕ 3D МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА С ПОМОЩЬЮ
ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ
EASY TRACE И ARCGIS**

Рассмотрены основные способы отображения рельефа, исследовано способ создания и визуализации объемных моделей рельефа, охарактеризовано программное обеспечение, которое используется для их создания, а также очерчены задания, которые можно выполнить с помощью цифровой модели рельефа (ЦМР).

Ключевые слова: рельеф, ЦМР, 3D модель рельефа, Easy Trace, ArcGIS.

O. Zubchenko

**CREATING A 3D TERRAIN MODEL WITH THE SOFTWARE
EASY TRACE AND ARCGIS**

The basic ways of displaying terrain explored a way to create and visualize three-dimensional terrain models, describes the software used to create them, and outlined the tasks that can be performed using Digital Elevation Model (DEM).

Keywords: relief, DEM, 3D terrain model, Easy Trace, ArcGIS.

Надійшла до редакції 15 квітня 2014 р.