

МОДЕЛИ ПОСТРОЕНИЯ И ПРИМЕР ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА

А.С.Суюнов

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор

Самаркандский государственный архитектурно-строительный университет

М.Х.Бобакалонов

Базовый докторант

Самаркандский государственный архитектурно-строительный университет

ARTICLE INFO.

цифровая модель рельефа, GRID, TIN, гридинг, пространственный анализ, интерполяция, триангуляция, геоинформационные системы (ГИС), моделирование рельефа, структура поверхности.

Аннотация:

В данной работе рассматриваются модели построения цифровых моделей рельефа (ЦМР), их структурные принципы и практическое применение в геоинформационных системах. Основное внимание уделено двум типам моделей: регулярной сетке высот (GRID) и нерегулярной триангуляционной сети (TIN). Преимуществом модели GRID является простота и высокая скорость компьютерной обработки, однако она менее точна при моделировании сложных рельефов с резкими перепадами высот. Модель TIN, основанная на триангуляции Делоне, позволяет более точно отображать поверхность благодаря адаптивной структуре треугольников. В статье анализируются методики интерполяции (кригинга, полиномиального и кусочно-полиномиального сглаживания), подходы к повышению пространственного разрешения, а также особенности использования моделей в различных природных условиях. Также рассматриваются плюсы и минусы обеих моделей, подчеркивается необходимость выбора подходящей структуры ЦМР в зависимости от особенностей рельефа моделируемой территории.

<http://www.gospodarkainnowacje.pl/> © 2024 LWAB.

Растровая модель рельефа предусматривает разбиение пространства на далее не делимые элементы (пиксели), образуя матрицу высот – регулярную сеть высотных отметок. Подобные цифровые модели рельефа создаются национальными картографическими службами многих стран.

Регулярная сеть высот представляет собой решетку с равными прямоугольниками или

квадратами, где вершины этих фигур являются узлами сетки.

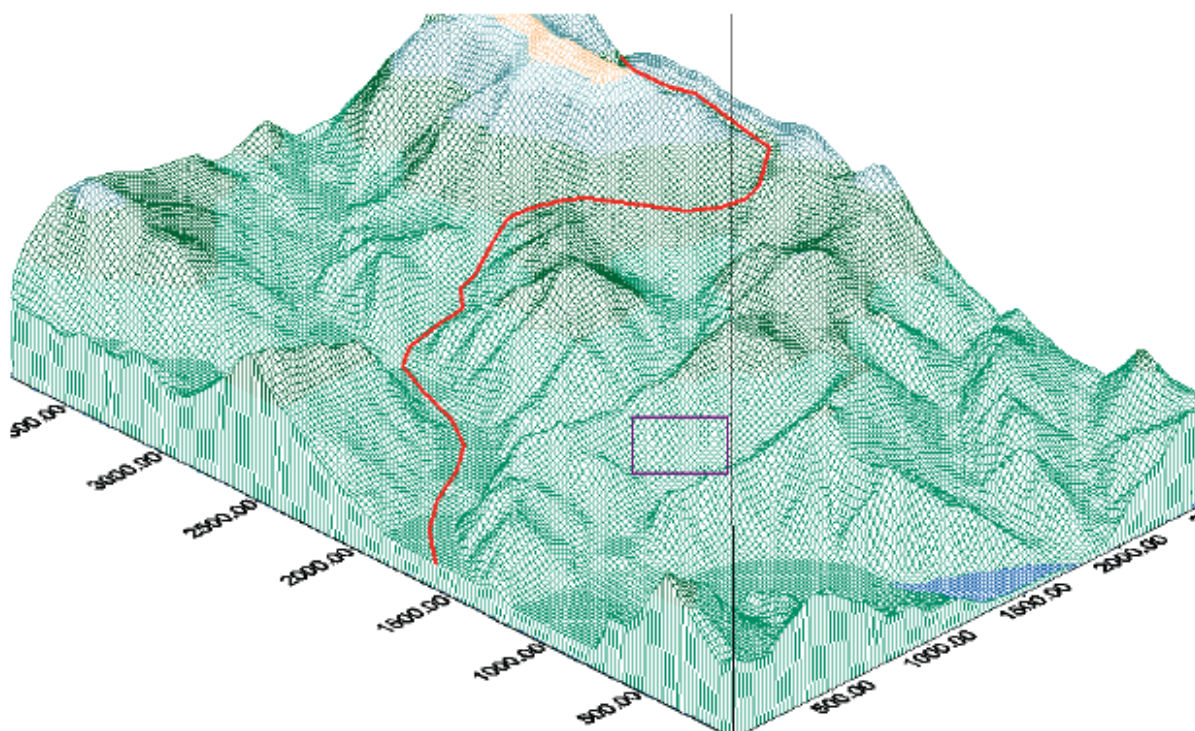


Рис. 1. Фрагмент трёхмерной модели рельефа, построенная на основе регулярной сети высот

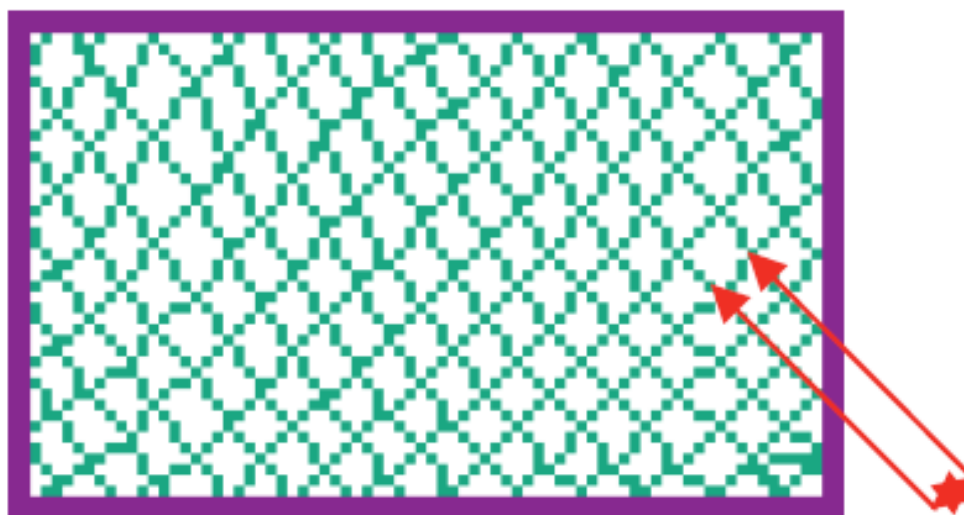


Рис. 2. Увеличенный фрагмент модели рельефа на рис. 1, показывающий растровую структуру модели

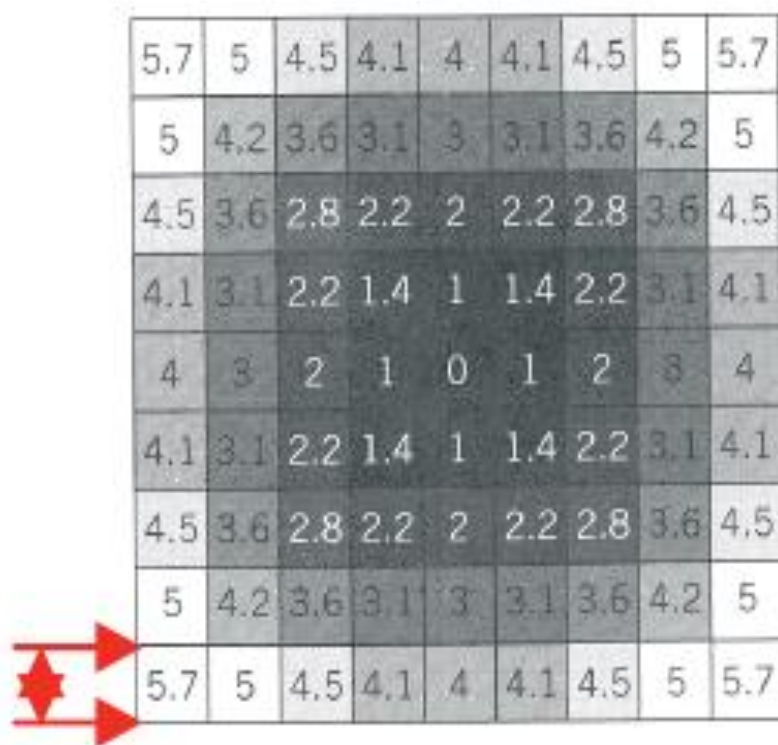


Рис. 3. Отображение регулярной сети высот на плоскости. Модель впадины, представленная в виде матрицы высотных отметок

Одним из первых пакетов программ, в котором была реализована возможность множественного ввода различных слоёв растровых ячеек, был пакет GRID (перевод с англ. – решетка, сетка, сеть), созданный в конце 1960-х гг. в Гарвардской лаборатории машинной графики и пространственного анализа (США) [12]. В современном широко распространённом ГИС-пакете ArcGIS (а ранее – ARC/INFO (ESRI Inc.)) растровая модель пространственных данных также носит название GRID. В другой популярной программе для расчёта ЦМР – Surfer (Golden Software Inc.) регулярная сеть высот также именуется GRID, файлы такой ЦМР имеют **формат** GRD, а расчёт подобной модели называется Gridding. Видимо, поэтому применительно к регулярной сети высот в нашей стране получили распространение термины «**грид**» и «**гридинг**», которые рядом авторов рассматриваются как примеры научного жаргона.

При создании регулярной сети высот (GRID) очень важно учитывать плотность сетки (шаг сетки), что определяет её пространственное разрешение (см. рис. 2, 3). Чем меньше выбранный шаг, тем точнее ЦМР – выше пространственное разрешение модели, но тем больше количество узлов сетки, следовательно, больше времени требуется на расчет ЦМР и больше места на диске. Например, при уменьшении шага сетки в 2 раза объём компьютерной памяти, необходимой для хранения модели, возрастает в 4 раза. Отсюда следует, что надо найти баланс. К примеру, стандарт на ЦМР Геологической съёмки США, разработанный для Национального цифрового картографического банка данных, специфицирует цифровую модель рельефа как регулярный массив высотных отметок в узлах решетки 30x30 м для карты масштаба 1:24 000.

Путем **интерполяции**, **аппроксимации**, сглаживания и иных трансформаций к растровой модели могут быть приведены ЦМР всех иных типов. Для восстановления поля высот в любой его точке (например, в узле регулярной сети) по заданному множеству высотных отметок (например, по цифровым записям горизонталей) обычно применяются разнообразные методы

интерполяции (кригинга, Шепарда, полиномиального и кусочно-полиномиального сглаживания) [4].

Среди нерегулярных сеток чаще всего используется треугольная сеть неправильной формы – модель TIN. Она была разработана в начале 1970-х гг. как простой способ построения поверхностей на основе набора неравномерно расположенных точек. В 1970-е гг. было создано несколько вариантов данной системы, коммерческие системы на базе TIN стали появляться в 1980-е гг. как пакеты программ для построения горизонталей. Модель TIN используется для цифрового моделирования рельефа, при этом узлам и ребрам треугольной сети соответствуют исходные и производные атрибуты цифровой модели. При построении TIN-модели дискретно расположенные точки соединяются линиями, образуя треугольники.

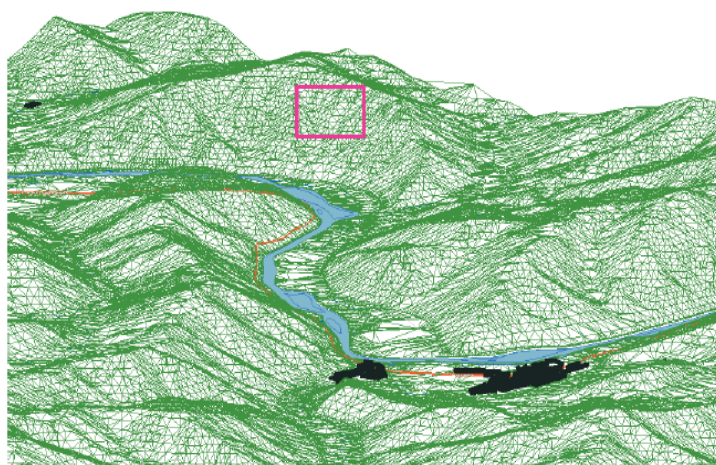


Рис. 4. Фрагмент трёхмерной модели рельефа, построенная на основе нерегулярной триангуляционной сети (TIN)

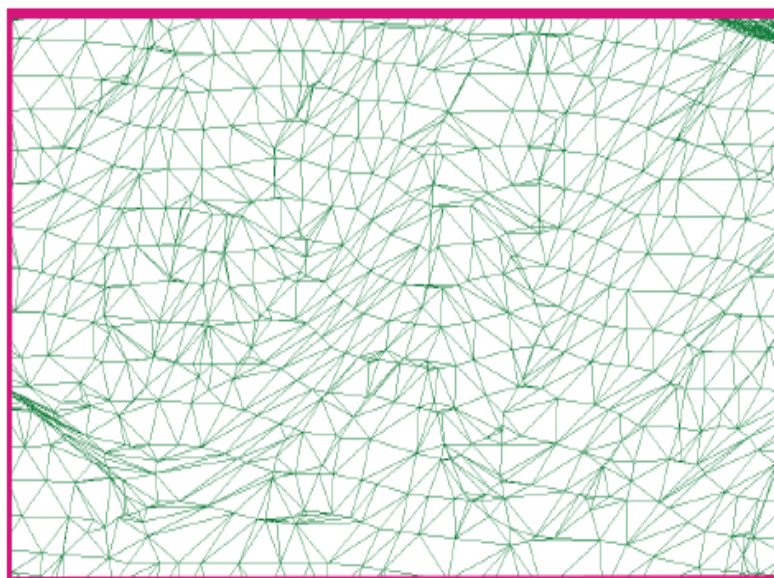


Рис. 5. Увеличенный фрагмент модели рельефа на рис. 3.4, показывающий треугольную структуру модели TIN

В пределах каждого треугольника модели TIN поверхность обычно представляется

плоскостью. Поскольку поверхность каждого треугольника задается высотами трех его вершин, применение треугольников обеспечивает каждому участку мозаичной поверхности точное прилегание к смежным участкам.

Это обеспечивает непрерывность поверхности при нерегулярном расположении точек (рис. 4, 5). При этом каждый треугольник модели помимо информации о высоте имеет атрибуты угла наклона и экспозиции, что позволяет быстро построить на базе одной модели TIN несколько тематических карт – гипсометрическую, уклонов, экспозиций – и даёт возможность сделать различные виды сложного пространственного анализа, например расчёт путей геохимических миграций на основе поверхностного стока.

Основным методом расчёта TIN является триангуляция Делоне, т.к. по сравнению с другими методами она обладает наиболее подходящими для цифровой модели рельефа свойствами: имеет наименьший индекс гармоничности как сумму индексов гармоничности каждого из образующих треугольников (близость к равноугольной триангуляции), свойства максимальности минимального угла (наибольшей невырожденности треугольников) и минимальности площади образуемой многогранной поверхности [1].

Поскольку и модель GRID, и модель TIN получили широкое распространение в географических информационных системах и поддерживаются многими видами программного обеспечения ГИС, то необходимо знать достоинства и недостатки каждой модели, чтобы правильно выбрать формат хранения данных о рельефе.

В качестве плюсов модели GRID следует отметить простоту и скорость её компьютерной обработки, что связано с самой растровой природой модели. Устройства вывода, такие как мониторы, принтеры, плоттеры и пр., для создания изображений используют наборы точек, т.е. также имеют растровый формат. Поэтому изображения GRID легко и быстро выводятся на такие устройства, так как на компьютерах легко выполнить расчёт для представления отдельных квадратов регулярной сети высот с помощью точек или видеопикселей устройств вывода.

Благодаря своей растровой структуре модель GRID позволяет «сгладить» моделируемую поверхность и избежать резких граней и выступов. Но в этом кроется и «минус» модели, т.к. при моделировании рельефа горных районов (особенно молодых – например, альпийской складчатости) с обилием крутых склонов и остроконечных вершин возможна потеря и «размывание» структурных линий рельефа и искажение общей картины.

Таким образом, модель GRID идеально подходит для отображения географических (геологических) объектов или явлений, характеристики которых плавно изменяются в пространстве (рельеф равнинных территорий, температура воздуха, атмосферное давление, пластовое давление нефти и т.п.).

Как было отмечено выше, недостатки модели GRID проявляются при моделировании рельефа молодых горообразований. Особенно неблагоприятная ситуация с использованием регулярной сети высотных отметок складывается, если на моделируемой территории чередуются обширные выровненные участки с участками уступов и обрывов, имеющими резкие перепады высот, как, например, в широких разработанных долинах крупных равнинных рек.

В таком случае на большей части моделируемой территории будет «избыточность» информации, т.к. узлы сетки GRID на плоских участках будут иметь одни и те же высотные значения. Но на участках крутых уступов рельефа размер шага сетки высот может оказаться слишком большим, а, соответственно, пространственное разрешение модели – недостаточным для

передачи «пластики» рельефа.

Литература

1. Лютивинская М.В., Нейфельд И.Г. Использование данных ДЗЗ сверхвысокого разрешения для целей кадастрового учета [Текст] / М.В. Лютивинская И.Г. Нейфельд // Геоматика. - 2009. - №2. - С. 76-82.
2. Программный комплекс ENVI [Текст]: Учебное пособие. М.: Компания «Совзонд», 2007 - 265 с.
3. Гормаш А.В., Дорофеева Т.В., Оньков И.В. Влияние геометрических параметров съемки на точность ортофотопланов, создаваемых по снимкам IKONOS [Текст] / А.В. Гормаш, Т.В. Дорофеева, И.В. Оньков // Геоматика. - 2009. - №2. - С. 35-39.
4. Е.А. Кобзева. Создание топографических планов масштаба 1: 2000 для разработки градостроительной документации средних и малых населенных пунктов [Текст] / Е.А. Кобзева // Геоматика. - 2010. - №3. - С. 76-79.
5. Т.А. Широкова, А.Ю. Чермошенцев, Исследование точности обработки космических снимков сверхвысокого разрешения с использованием рациональных функций [Текст] / Т.А. Широкова, А.Ю. Чермошенцев // Сборник тезисов докладов международной научно-технической конференции «Фотограмметрия – вчера, сегодня, завтра», МИИГАиК. - 2010. - С.22-23. 6. ГКИНП (ГНТА)-02-036-02. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов [Текст] – М.: ЦНИИГАиК, 2003. - 80 с.