

УДК 528.9:502.7

**ОБЗОР ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ
РЕЛЬЕФА ДЛЯ РЕШЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ**

А. В. Серов

В статье кратко рассмотрены основные возможности использования трехмерных (3D) моделей местности и растровых цифровых карт (GRID-моделей) для решения ряда прикладных задач. Рассмотрение проведено на основе примеров взятых из работ, выполненных автором в течении последних нескольких лет.

Введение

Одним из новых направлений в работе с цифровыми картами, появившимся в последнее время, является трехмерное моделирование с использованием цифровых моделей рельефа. Цифровое моделирование рельефа позволяет решать самые разнообразные прикладные задачи, касающиеся анализа зон видимости, моделирования стока рек, маршрутизации и т.п. В то же время богатые возможности данного вида моделирования еще широкого распространения в силу того, что отечественные специалисты недостаточно хорошо знакомы с данными методами и часто имеют о них самые общие представления.

Целью данной статьи является демонстрация возможностей трехмерного моделирования на примере ряда задач, решенных автором в течение последних нескольких лет. Ввиду того, что тема весьма обширна, мы ограничились кратким описанием основных, «ключевых» моментов использования трехмерных моделей. В то же время была сделана попытка рассмотреть как можно больше различных классов задач и технологических вопросов. В статье использовано большое количество иллюстративного картографического материала, визуализирующего результаты работы алгоритмов.

1. Виды моделей рельефа

В качестве исходных данных для построения моделей рельефа могут быть использованы любые цифровые картографические объекты, для ко-

торых указана абсолютная отметка, например: файлы горизонталей, отметки урезов воды, отметки высот, отметки пунктов ГГС, а также цифровые изображения рек, преобразованных определенным образом. В примерах, приведенных ниже, использовался только файл горизонталей, по этой причине модель рельефа получилась «ступенчатой».

Для большинства вычислений, используются 3 модели рельефа: DEM («матрица высот»), TIN («триангуляция Делоне»), Lattice («регулярная сетка»). Показанные далее демонстрационные модели, принадлежат к классам DEM и TIN-моделей и построены с использованием файла рельефа (Рис. 1).

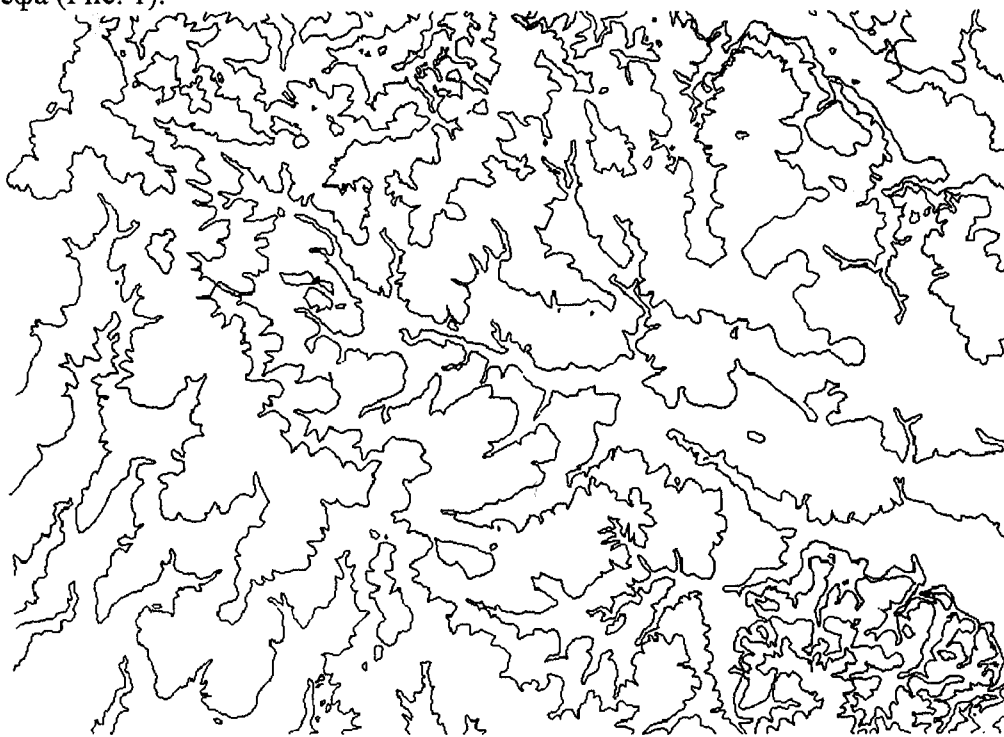


Рис 1. Цифровая карта рельефа, используемая для построения модели

2. Растровые модели (GRID)

Растровая модель рельефа является частным случаем более широкого класса растровых моделей (GRID), которые могут представлять распределение какой-либо величины (температуры, экспозиции склонов и т.п) по поверхности земли. В дальнейшем мы рассмотрим несколько таких моделей для производных от рельефа параметров.

Для формирования шкалы при визуализации растровых моделей удобно использовать классификацию по способу равных значений.

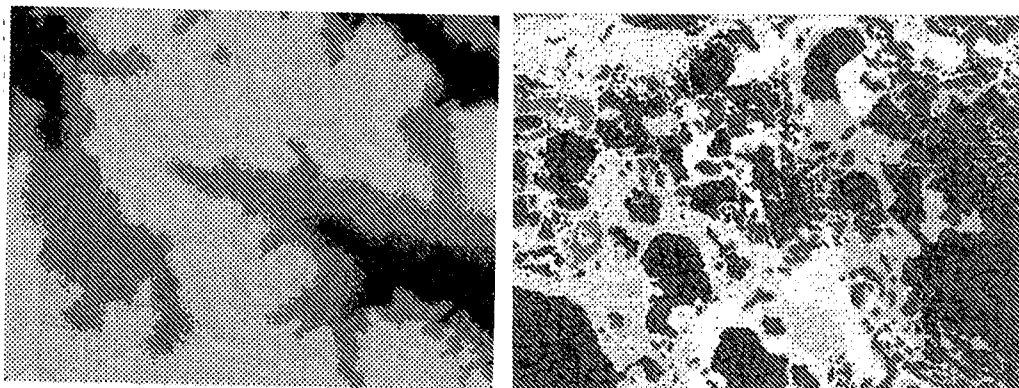


Рис. 2

На рис. 2 приведены примеры отображения созданной ранее модели рельефа с использованием палитры «радуга». Темным цветом отображены низменности, белым — возвышенности. Распределение цвета дает наглядное представление о высоте каждой точки местности. Такая карта гораздо более наглядна, чем традиционное представление в виде горизонталей.

3. Гидрологическое моделирование

Рассмотрим два примера: создание площадей водосбора и моделирование поверхностного стока.

В качестве исходных данных будем использовать построенную модель рельефа. Для того чтобы она была применима, необходимо выполнить два подготовительных этапа:

- построить модель углов наклона склонов;
- исследовать ошибки модели.

Ошибками являются маленькие «паразитные» локальные впадины, не отвечающие реальному положению дел на местности.

На рис 3 приведена карта бассейнов, полученная путем обработки рельефа и гидрографии (Тяновское месторождение, Западная Сибирь).

Создание модели поверхностного стока является еще одним важным аспектом использования моделей GRID, производных от модели DEM. В каждой ячейке построенной матрицы представлено количество воды, которая может накопиться в данном участке местности при условии, что дождь будет идти непрерывно. В дальнейшем из этой модели можно выделить собственно осевые линии потоков и их характеристики.

Обсуждение результатов

Построенные демонстрационные карты наглядно показывают несколько важных характеристик местности и могут служить для ответов, например, на следующие вопросы (ЧС, строительство, экология и т.п.):

- В каком направлении потечет вода (или какая-либо другая жидкость, например нефть), если она попадет в определенный участок местности?
- В какую реку попадет вода (нефть, кислота, жидкие отходы, СДЯВ и т.п.)?
- Какие участки местности наиболее опасны с точки зрения аварийных ситуаций на продуктопроводах?
- Как удобнее сформировать дренажную систему крупных технических сооружений?
- На какой речной бассейн более всего влияет данное техническое сооружение?
- Каков будет объем поверхностного стока? (для анализа паводковой ситуации и т.п.)

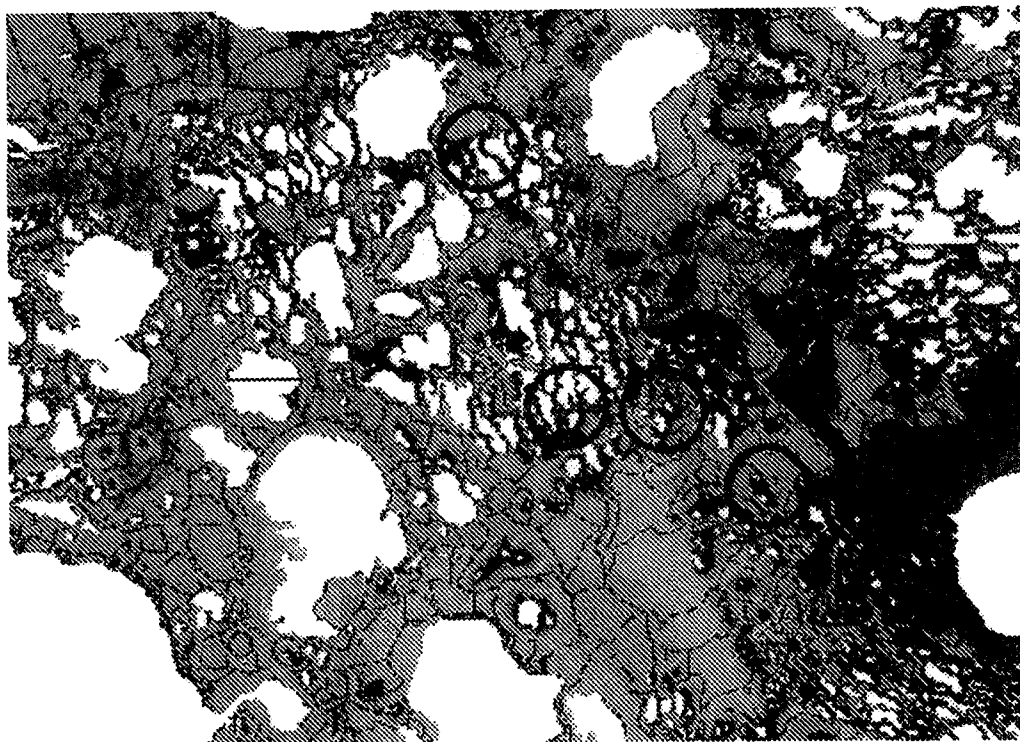


Рис. 3.

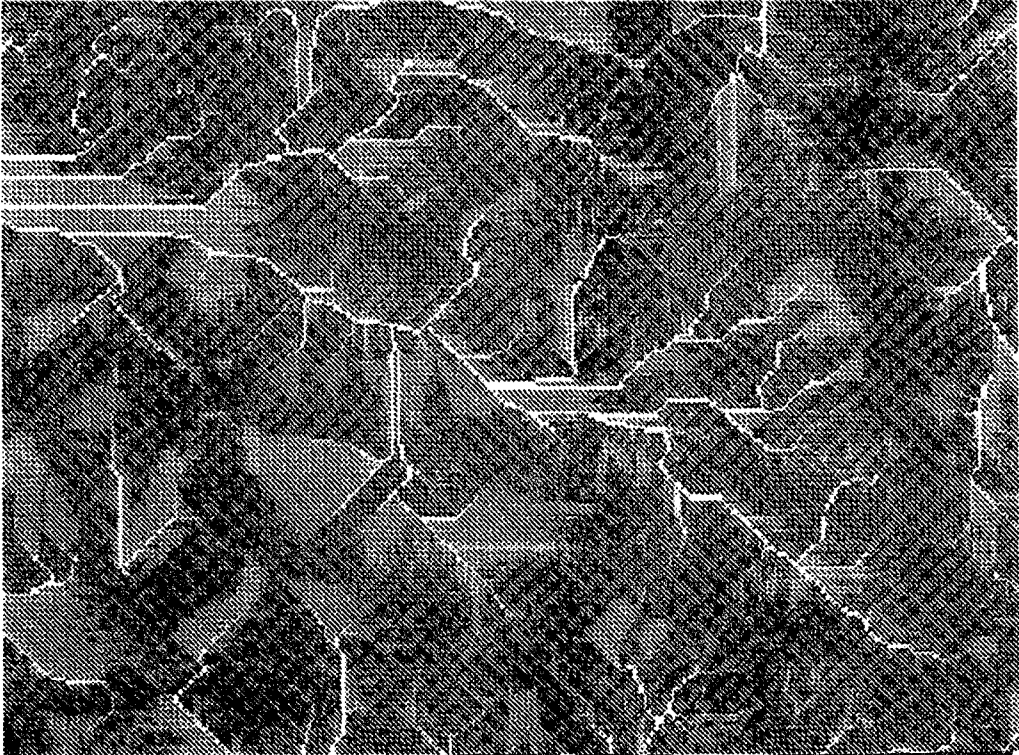


Рис 4. Модель поверхностного стока.

4. Маршрутизация

Общая схема движения по поверхности земли состоит в следующем: каждой точке пространства ячейке матрицы ставится в соответствие:

- определенный вес или импеданс (время проезда, стоимость, проходимость и т.п.)
- физическая высота в какой-либо геодезической системе высот, для вычисления реальной длины пути
- горизонтальный фактор (например сопротивление ветра)
- вертикальный фактор (например увеличение, уменьшение затрат бензина при подъеме - спуске)

Работа по моделированию движения проводится в несколько этапов. На первом этапе работ формируются матрицы доступности каждой точки местности от каждой из конечных точек маршрута. На втором этапе строится коридор – матрица, содержащая сумму весов (т.е. характеристик доступности) из двух исходных матриц. Таким образом, наш маршрут проходит через те точки, которые наиболее доступны как от начальной

точки, так и от конечной. Матрица коридора приведена на рис 5. Чем темнее тон, тем доступнее данная точка местности.



Рис 5. Коридор – наиболее рациональный путь перемещения от начальной точки в конечную.

Можно выделить «самые доступные точки», применив пороговый фильтр. Результат его применения приведен на рис 6., который для удобства оценки результата содержит изображение горизонталей.

Обсуждение результатов

Область применения подобных моделей самая разнообразная (ЧС, проектирование, бизнес-задачи, военные задачи):

- вычисление зон досягаемости с учетом ограничений (например на количество бензина, на препятствия)
- вычисление кратчайших маршрутов по поверхности земли, по речной сети и т.п. (с учетом ограничений) для движения транспортных средств; для строительства инженерных коммуникаций, линий электропередачи и т.п. В последнем случае в качестве матрицы весов можно взять специальным образом преобразованные данные скажем о геологической ситуации, заболоченности и т.п.

- вычисление наиболее удобного расположения магазинов или станций обслуживания с учетом естественных препятствий (домов, ограждений)
- другие аналитические задачи, которые могут быть сведены к поиску кратчайшего расстояния в матрице весов (например в матрице «взвешенного» графа, который, скажем, представляет собой пути решения, со многими вариантами, определенной проблемы).

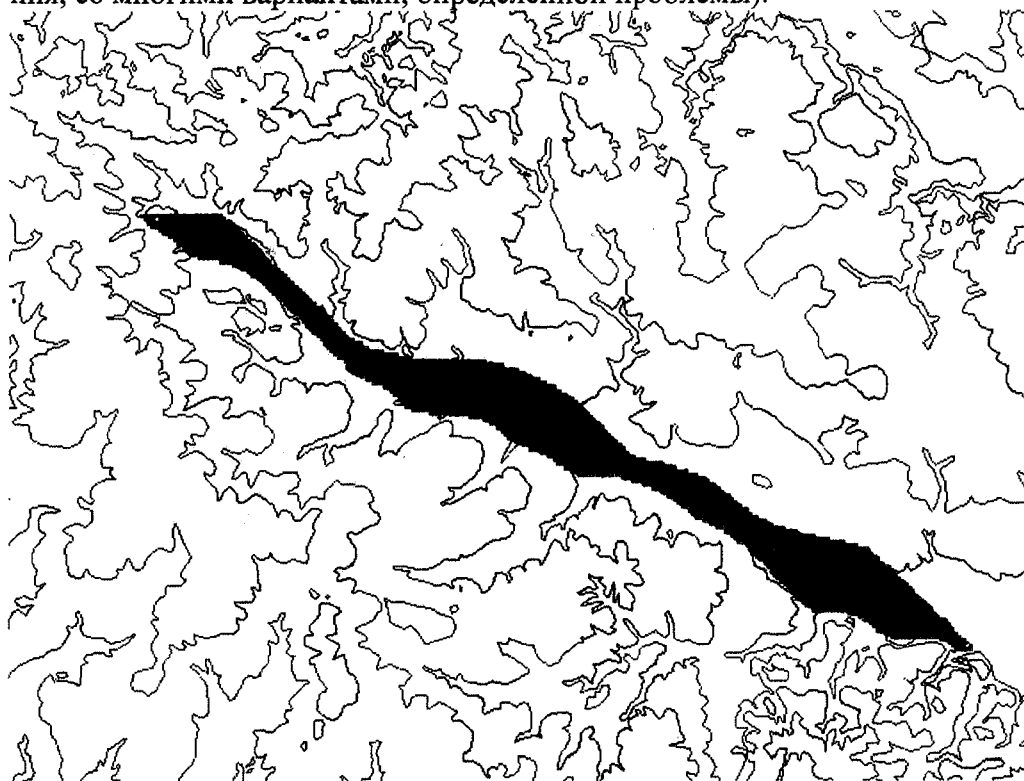


Рис 6. Зона наиболее удобного пути из начальной точки в конечную, с учетом рельефа.

5. Исследование видимости

Исследование видимости можно проводить на моделях двух типов: DEM и TIN. Ниже приведены решения двух задач с использованием этих моделей: анализ видимости по лучу зрения и анализ видимости участков местности из определенной точки стояния (построение зон видимости).

Анализ видимости

На рис. 7 приведена модель TIN и луч зрения из начальной точки в конечную. Зеленым цветом отмечены видимые участки, красным цветом – невидимые. Заметим, что сама конечная точка не видна.

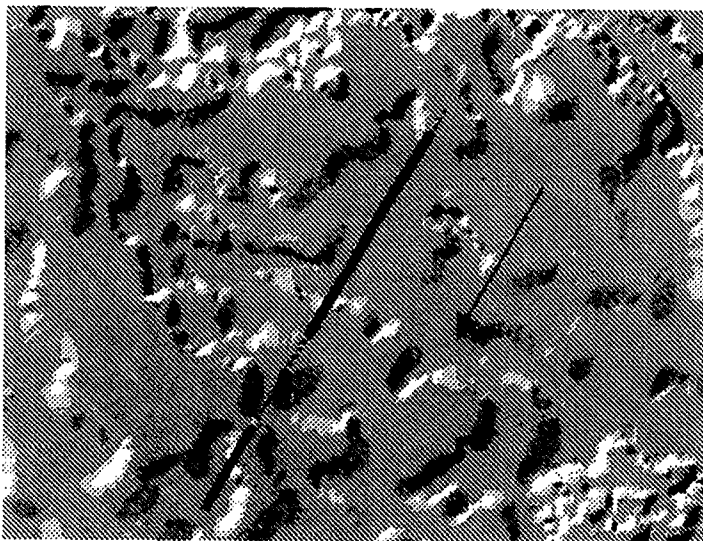


Рис 7. Луч зрения. Стрелкой показано направление «взгляда». Пунктирной линией показаны видимые участки, сплошной – невидимые.

На рис. 8 приведен профиль по лучу зрения.

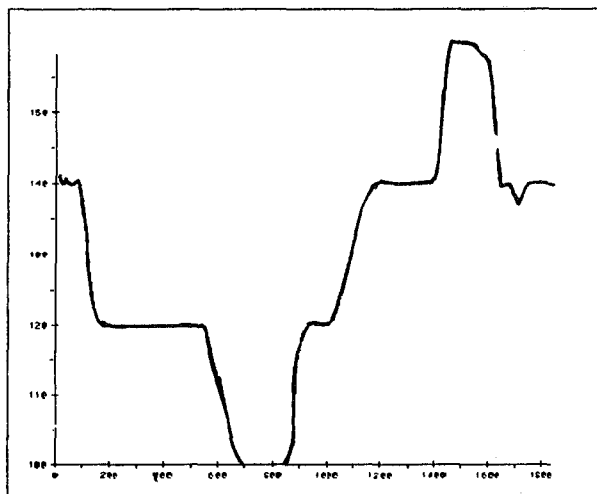


Рис 8. Профиль местности по лучу зрения. Хорошо видны «уступы», получающиеся вследствие недостаточности исходной информации для построения модели рельефа и отсутствия аппроксимации при ее построении (принципиально такая возможность имеется).

Построение зон видимости. В качестве исходной точки была выбрана одна из самых низких точек на данной местности (отмечена на рис 9 черным кружком). Использовалась модель DEM. Результаты построения приведены на рис 9. Для удобства оценки результата зоны совмещены с изображением модели рельефа DEM. Участки местности видимые из исходной точки отмечены белым цветом. Сложный характер рельефа обуславливает сложную конфигурацию комплекса видимых участков.

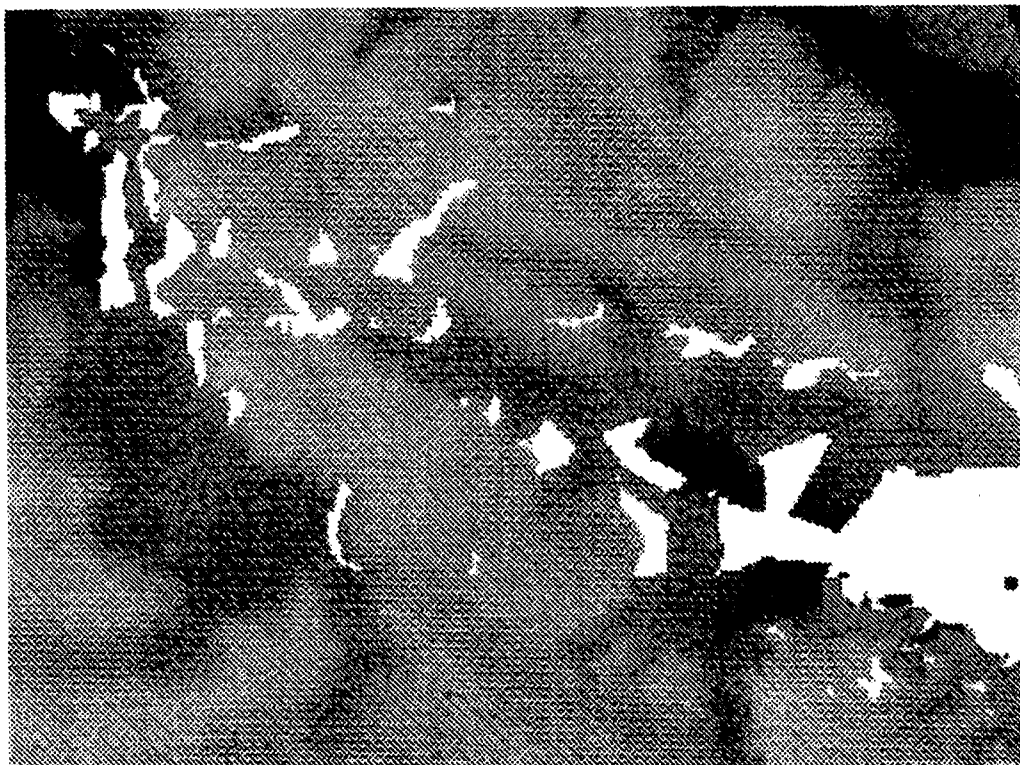


Рис 9. Зоны видимости. Положение «наблюдателя», отмечено черным кружком.

Обсуждение результатов

В основном решение данных задач требуется для проектирования инженерных сетей, архитектурного проектирования и т.п. Может применяться для построения специальных карт для военных целей. Общие вопросы на которые можно ответить сводятся к следующим:

- Как увеличиться зона видимости если «приподняться» в данной точке на N метров?
- Где расположить очередную ретрансляционную станцию (рефракция учитывается) или опору ЛЭП?
- Какие зоны перекрываются определенным числом (одной, двумя, ни одной) ретрансляционной вышкой (рефракция учитывается) или наблюдательной вышкой?
- Как будет распространяться ударная волна при взрыве?

6. 3D картография

По сравнению с традиционной картографией, использующей «плоские» изображения и имеющей три визуальных параметра (X , Y и условный знак) для отображения действительности, 3D картография имеет еще один визуальный параметр – высоту, которая показывается в аксонометрической проекции (см рис 10, 11). Подобные карты, получаемые в стандартном, «бумажном» виде, как правило, ограниченно пригодны для картометрических работ, но обладают существенно большей, по сравнению с «плоской» картографией, наглядностью. Следовательно, основная сфера применения таких карт — оценка ситуации, помощь в принятии решений, наглядная демонстрация каких-либо показателей (МЧС, военные, архитекторы, проектировщики, органы государственного управления и т.п).

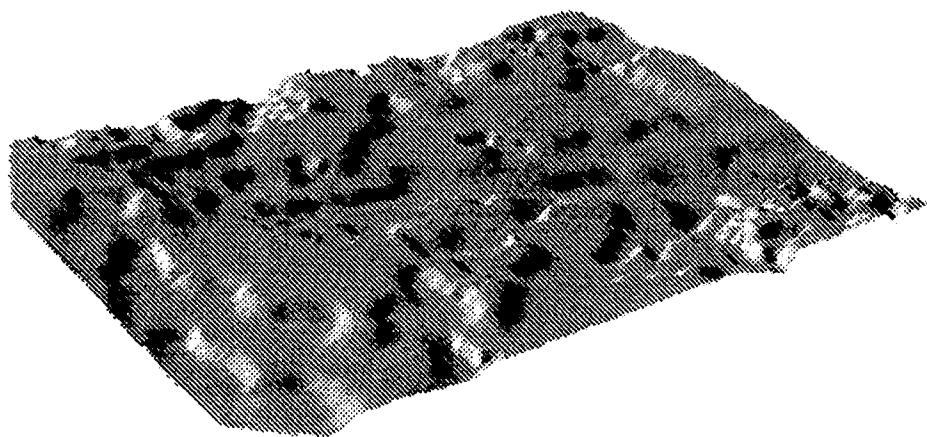


Рис 10. 3D карта рельефа.

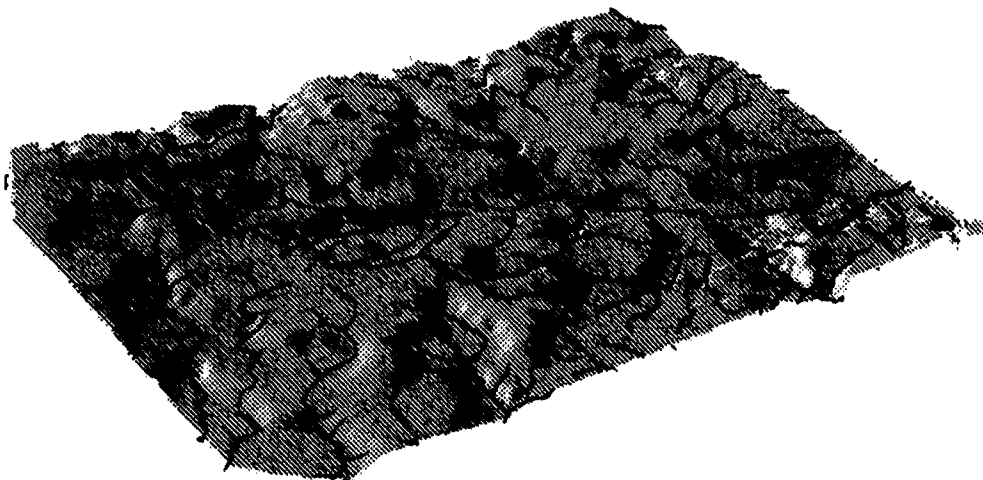


Рис 11. 3D карта рельефа, совмещенная с картой гидрографической сети.

7. Общая схема работ с использованием трехмерных моделей рельефа

Общая схема работ должна включать три основных этапа:

- Постановку задачи
- Аналитическое моделирование
- Картографическое моделирование.

Постановка задачи

- Состав исходных данных
- Параметры исходных данных



Проектирование аналитической модели

- Разработка структур баз данных
- Разработка алгоритмов решения задачи



Автоматизация процессов

- Разработка необходимых макросов и диалоговых систем
- Разработка внешних процедур



Ввод или конвертирование данных



Проверка данных при помощи специальных процедур. Исправление ошибок



Картографическое моделирование

- Разработка шкал
- Разработка легенд
- Разработка видов
- Разработка структуры атласа



Передача материалов в обычной (на твёрдом носителе) или цифровой формах

Научно-технический центр автоматизированной геоинформационной кадастровой системы Республики Коми

Поступила 26.10.2000