

примеру РБ, геолого-экономической карты республики, при учёте, естественно, региональных геолого-экономических особенностей территории.

Геолого-экономические карты могут служить информационной основой для проведения широкого спектра региональных исследований, связанных с мониторингом недр, в т. ч. и для геолого-экологического картирования регионов интенсивного недропользования [1].

Литература

1. Габитов Г.Х., Мустафин С.К. Геоэкология и мониторинг недр регионов нефтегазодобычи //Мат-лы междунар. конф. «Новые идеи в науках о Земле». М.: 2005. – С. 10.
2. Хамитов Р.А., Антонов К.В., Чернов А.Л. и др. Некоторые особенности методики составления геолого-экономической карты Республики Башкортостан применительно к нефтегазовому комплексу //В с.: Минерально-сырьевая база Республики Башкортостан: реальность и перспективы. Уфа: Тау, 2002. С. 357-363.
3. Чернов А.Л., Антонов К.В., Гуфранов Р.А., Ларонов Н.Н. Состояние и перспективы развития минерально-сырьевой базы Республики Башкортостан //Сб.: Первые Темиргазинские чтения «Геология, полезные ископаемые и проблемы экологии Башкортостана»: Мат-лы конф. Уфа: Тау, 2004. С. 27-44.
4. Экономическая энциклопедия регионов России. Республики Башкортостан / Гл. ред.: Ф.И.Шамхалов и др.; ред. тома Р.В.Фаттахов и др. М.: ЗАО «Издательство «Экономика», 2004. – 639 с.
5. Республики Дагестан <http://www.rd.ru/dagterr.html>

Геоинформационные задачи построения электронного 3D-атласа Дагестана

Н.М. Булаева, Д.Н. Кобзаренко, С.Я. Аскеров

ИИГ ДНЦ РАН, Центр сопряженного мониторинга окружающей среды и природных ресурсов

В работе рассмотрены геоинформационные задачи, связанные с реализацией проекта электронного 3D-атласа Республики Дагестан. Приводятся задачи, связанные с системами координат, структурой объектов и файловой организацией данных, программированием функциональной и интерфейсной частей.

Общие положения. Проект электронного 3D-атласа Республики Дагестан [1] был сформулирован на основе разработанных ранее геоинформационных технологий по построению и визуализации цифровых картографических 3D-моделей и их тематических модулей [2]. В отличие от предыдущих работ, которые были направлены на построение некой универсальной программной оболочки способной строить и визуализировать разные модели, атлас строится на базе только одной – цифровой картографической 3D-модели Республики Дагестан [3].

Вести разработку геоинформационных технологий с широким охватом очень тяжело, требуются колоссальные ресурсы. Несмотря на очень хорошие результаты применения моделей [4, 5], мы должны были рано или поздно столкнуться с определенными трудностями в их построении. Проект 3D-атласа существенно сокращает объект исследования до одной единственной модели. Но это не означает, что мы упростили свою задачу. Скорее мы получили возможность «копнуть вглубь», т.е. разрабатывать новые идеи и технологии для одного объекта, а уже в дальнейшем перенести наши разработки на другие модели.

Приступая к реализации проекта электронного 3D-атласа, мы проанализировали все, что разработано ранее. Было замечено много недоработок как с точки зрения структуры модели, так и с точки зрения программных реализаций 3D-ГИС. Например, только переход на реализацию цифровой модели рельефа (она является составной частью цифровой картографической 3D-модели) на базе триангуляции Делоне [6], вынудил нас провести перестройку многих структур данных и алгоритмов. Ранее при построении цифровой модели рельефа использовалась регулярная сетка, которая намного проще в реализации, но очень медленно визуализируется из-за большого количества элементов.

Но, несмотря на перестроения, большая часть разработанных ранее технологий и основные принципы построения 3D-моделей остались неизменными. И, отталкиваясь от них с учетом большого опыта в геоинформационном моделировании, мы можем выделить и классифицировать круг задач, которые необходимо решить при построении электронного 3D-атласа Республики Дагестан. Это поможет нам четко определить, что уже сделано и что предстоит сделать. Причем, решение одних задач напрямую зависит от решения других.

Теоретическое описание 3D-атласа. Первая задача, от которой исходят все остальные – теоретическое описание атласа. К общей структуре и форме проекта электронного 3D-атласа, описанным в [1], можно добавить только то, что осуществляется переход на триангуляцию Делоне в построении цифровой модели рельефа (ЦМР). В остальном принцип построения атласа неизменный, и его структурные элементы следующие: цифровая картографическая 3D-модель (цифровая модель рельефа, тематические текстуры, тематические объекты), тематические модули.

Системы координат. В рамках проекта четко определены 3 системы координат. 1. Базовая система координат цифровой картографической 3D-модели (именно в этой системе хранятся геометрические данные об объектах). Координаты по X и Y в этой системе соответствуют смещениям относительно некой контрольной точки на карте с координатами (0, 0). Единица измерения соответствует расстоянию 0,1мм на топокарте, которая служит основой модели, либо 0,1мм * масштаб карты – реальное

расстояние в метрах (или разрешение модели – количество метров на единицу измерения). Координата Z определена, как *альтитуда / разрешение модели*.

2. Система координат для визуализации модели с применением графической библиотеки *OpenGL*.

3. Географическая система координат (широта, долгота, глубина).

Задачи, связанные с трансформацией данных из одной системы координат в другую, уже давно отработаны в системе визуализации цифровых картографических 3D-моделей.

Структуры объектов и файловая организация данных. Структура данных 3D-атласа спроектирована по принципу структуры цифровой картографической 3D-модели с небольшими изменениями, которые коснулись упорядочивания некоторых компонентов. На данный момент структура хранения данных 3D-атласа выглядит, как показано на рис.1.

Поскольку каждый тематический модуль имеет собственную структуру данных, то и файловые структуры модулей различны. По каждому объекту хранятся геометрические данные, цвет, а также атрибуты. Файл *Daghestan.3da* содержит информацию об атласе в целом. Файлы *GridPoints.dat* и *GridQuads.dat* – информацию о привязке к географическим координатам. Файл *Contur.dat* содержит контур отсечения модели. Все данные по цифровой картографической 3D-модели содержатся в папке *DC3DM*, а данные тематических модулей – в папке *Moduls*.

Программирование функциональной части. При программировании функциональной части атласа существует множество задач по чтению, обработке и выводу в трехмерности объектов атласа. В этом направлении у нас уже имеются много удачных наработок. В настоящее время проводится доработка некоторых алгоритмов.

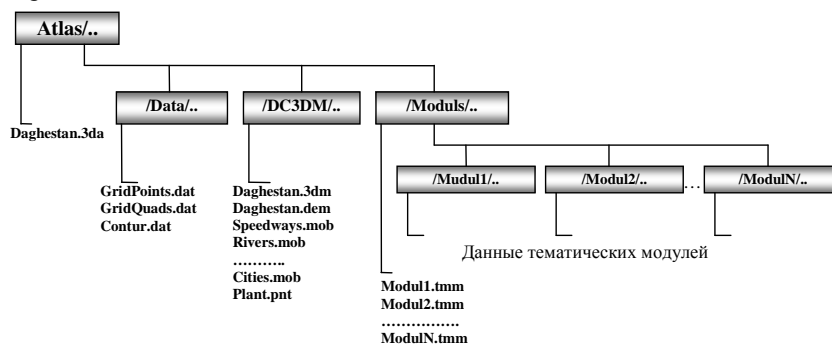


Рис.1. Файловая организация данных электронного 3D-атласа Дагестана.

В программировании функциональной части применяется принцип объектно-ориентированного программирования, что обеспечивает четкое структурирование составных частей атласа. Каждая составная часть атласа (цифровая модель рельефа, картографические объекты, тематический модуль) реализуется в виде класса (объекта), который «знает» как считать информацию по своему объекту из файла или группы файлов, рисовать себя в *OpenGL* в рамках общей модели и обеспечивает доступ ко всем своим свойствам. Такие классы являются объектами-потомками класса *TAtlasObject* (рис.2), в котором определены общие поля, свойства и методы для всех этих объектов, а именно:

- свойство *Language* – язык, на котором отображаются атрибуты атласа (предусмотрены русский и английский языки);
- свойство *Resolution* (целый тип) – разрешение модели (количество метров на единицу измерения);
- поля *ScaleXY*, *ScaleZ* (вещественный тип) – масштабные коэффициенты по осям *XY* и *Z* (для *OpenGL*);
- поле *Centre* (тип 2D точка) – условный центр (X_0 , Y_0) области 3D-модели для визуализации;
- свойство *Alpha* (вещественный тип) – степень видимости объекта от 0 до 1;
- свойство *Visible* (логический тип) – видимость объекта;
- свойство *CutPolyGon* (массив 2D узлов) – полигон отсечения объекта в плоскости *XY*;
- метод *SetGLOutput* с параметрами-константами *Centre*, *ScaleXY*, *ScaleZ* – устанавливает одноименные свойства объекта, необходимые для преобразования данных из базовой системы координат в систему координат *OpenGL*;
- метод *SetResolution* с параметром-константой *Resolution* – устанавливает одноименное свойство объекта;
- метод *SetCutPolyGon* с параметром-константой *CutPolyGon* – устанавливает одноименное свойство объекта;
- метод *CoordToGL* с параметрами-константами *X*, *Y*, *Z* – переводит 3D-узел с координатами в базовой системе координат в систему координат *OpenGL* и выдает новые координаты в возвращаемом параметре.

Каждый потомок такого класса дополняется своими полями, свойствами и методами в зависимости от типа объекта.

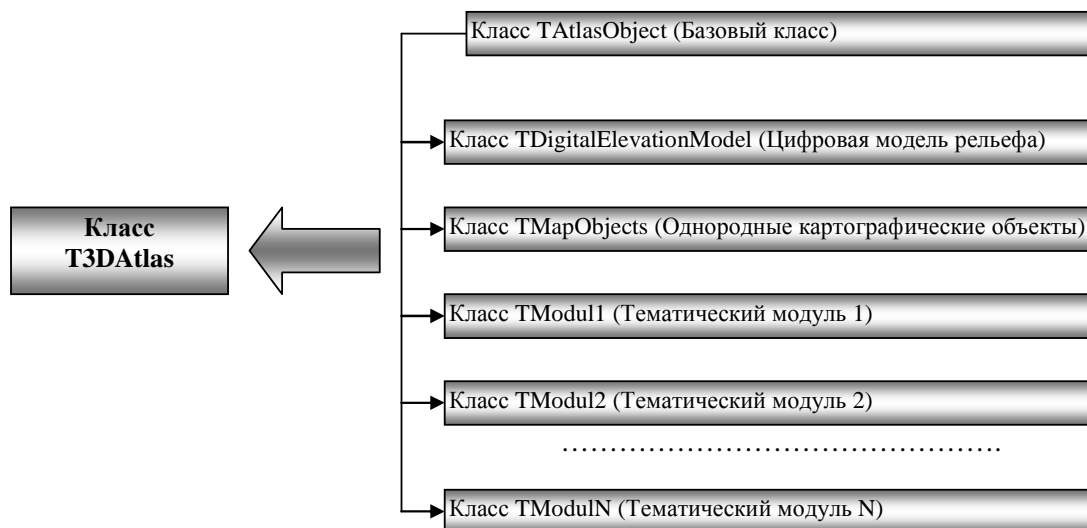


Рис.2. Базовые классы интерфейсной части 3D-атласа.

Вся функциональная часть атласа инкапсулируется в классе *T3DAtlas*, в котором определены экземпляры классов, составляющих в совокупности объекты электронного 3D-атласа.

Программирование интерфейсной части. Задачи программирования интерфейсной части электронного 3D-атласа Дагестана решаются не только с целью обеспечить интерфейс пользователя, но и отразить все то, что было задумано в проекте. Ведь обычный пользователь столкнется только с интерфейсной частью и ему будет абсолютно все равно, какие программные технологии и алгоритмы заложены в проект. И в зависимости от своего восприятия он даст оценку нашему программному продукту и проекту в целом.

Пока построение интерфейса пользователя находится в стадии активной разработки. Очень многое будет взято из уже имеющейся системы визуализации цифровых картографических 3D-моделей и их тематических модулей (рис.3). Применение триангуляции Делоне в построении цифровой модели рельефа должно существенно сократить количество рисуемых объектов (треугольников) и уменьшить общее время отрисовки модели.

Заключение. Подводя итог данному материалу, выделим основные геоинформационные задачи, которые необходимо решить в рамках построения электронного 3D-атласа Дагестана, и занесем их в таблицу (табл.1) с указанием степени завершенности этих задач.

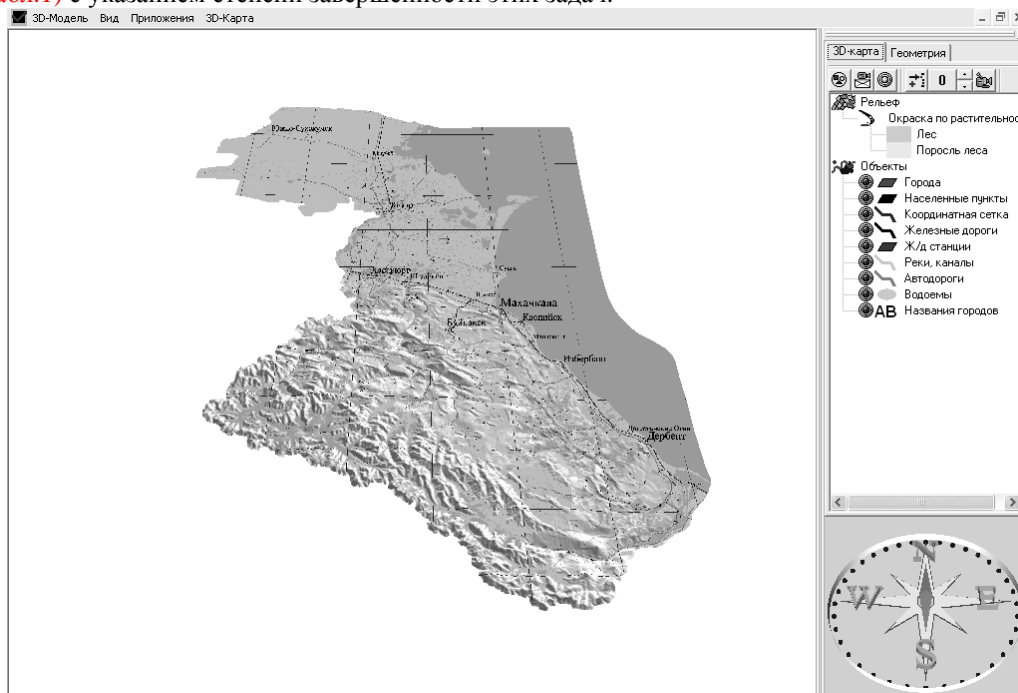


Рис.3. Система визуализации цифровых картографических 3D-моделей и тематических модулей.

Кроме того, отмечаем, что в данной статье мы практически не уделили внимание такому важному компоненту, как тематические модули атласа. Уже подготовлен к реализации проект тематического модуля «Геотермальные объекты» [7]. В планах готовятся проекты «Геологическое строение» и «Темпе-

ратурное поле». Реализация тематических модулей начнется сразу после того, как технологии построения основных компонентов атласа будут окончательно отработаны.

Таблица №1.

№№	Наименование задачи	Стадия завершения
1	Построение цифровой модели рельефа на основе триангуляции Делоне	Завершена
2	Накладка тематической текстуры на ЦМР	Не выполнена
3	Отсечение объекта произвольным полигоном	Завершена
4	Файловая система и структура данных атласа	Дорабатывается
5	Трансформация систем координат	Завершена
6	Триангуляция объектов	Завершена
7	Программирование функциональной части атласа	Активная разработка
8	Программирование интерфейсной части атласа	Не выполнена

Литература

1. *Kobzarenko D.N., Bulaeva N.M., Osmanov R.Sh., Magomedov B.I.* Project of the electronic 3D-atlas of the Republic Daghestan // II International conference «GIS in geology», extended abstracts, Vernadsky State Geological Museum of RAS, Moscow, 15-19 November, 2004, P.56-57.
2. *Bulaeva N.M., Kudrjavitseva K.A., Kobzarenko D.N., Osmanov R.Sh.* Construction and visualization of digital cartographical 3D-models and their application for analysis of the geologic structure of East Ciscaucasia // International conference «GIS in geology», extended abstracts, Vernadsky State Geological Museum of RAS, Moscow, 13-15 November, 2002, P.23-24.
3. *Bulaeva N.M., Kobzarenko D.N., Osmanov R.Sh., Bugajova O.S.* Visualization of the seismological and remote information within the framework of 3D-model of Republic Daghestan // International conference «GIS in geology», extended abstracts, Vernadsky State Geological Museum of RAS, Moscow, 13-15 November, 2002, P.25-26.
4. *Булаева Н.М., Кобзаренко Д.Н., Османов Р.Ш., Аскеров С.Я.* Исследование связи приповерхностного температурного поля с сейсмической активностью центральной части Дагестанского клина на основе спутниковых данных NOAA // Вестник Дагестанского научного центра РАН, №16, 2004, С.29-36.
5. *Булаева Н.М., Кудрявцева К.А., Кобзаренко Д.Н., Аскеров С.Я.* Трехмерное моделирование и анализ теплового поля Махачкалинского месторождения термальных вод // Журнал «Физика Земли», №7, 2004, С.65-70.
6. *Скворцов А.В.* Обзор алгоритмов построения триангуляции Делоне // Вычислительные методы и программирование, Т.3, 2002, С.14-39.
7. *Аскеров С.Я., Булаева Н.М., Кобзаренко Д.Н., Магомедов Б.И.* Модуль «Геотермальные объекты» в рамках электронного 3D-атласа Республики Дагестан // Материалы международной конференции «Возобновляемая энергетика: проблемы и перспективы», том №2, 19-22 сентября 2005г., Махачкала, С.46-51.

Построение тематической карты по разнородным данным

Д.Н. Кобзаренко
ИПГ ДНЦ РАН

Ключевые слова: **геоинформационные технологии, построение карты цифровыми методами.**

В работе рассматривается подход в построении тематической карты на основе разнородных данных. В рамках данного подхода уделено внимание таким вопросам, как векторизация и трансформация данных в единую систему координат и сохранение их в формат *DAT – Surfer*; интерполяция данных на регулярной сетке в *Surfer* и конвертация результата в формат *GRD*; расчет регулярной сетки результирующего параметра карты; визуализация данных на регулярной сетке и оформление результата.

Постановка задачи. Под тематической картой будем понимать графическое представление пространственного распределения некоторого рассчитанного параметра *Z* (например, геофизического, экологического, энергетического и др.), т.е. функции $F(x, y)$ с раскраской ареалов в псевдоцвета в соответствии со значением искомого параметра.

В настоящее время существует очень много ГИС для построения векторных карт на основе данных с бумажных носителей. То есть если у нас имеется бумажная карта, то мы со сканера можем перевести ее в растровое изображение и с помощью геоинформационных инструментов оцифровать ее объекты, создать базу данных этих объектов, взаимосвязи и др. Можно перечислить многочисленные программные пакеты в этом направлении: *ArcView, MapInfo, Autocad Map* и множество других. При этом они могут различаться особенностями функциональных возможностей в зависимости от особенностей решаемых задач (например, работа с космическими изображениями).

Однако, наша задача не состоит в том, чтобы просто оцифровать (или перевести в векторную форму) какую-либо карту. Речь идет о построении искомой карты, т.е. вычислении распределения необходимого параметра на основе исходных данных (разного рода) и получения графического представления исходного параметра.

Что подразумевается под разнородными данными и данными вообще? Это есть точечные и полигональные данные пространственного распределения некоторых параметров. Для каждого параметра исходные данные могут быть заданы в виде: 1) набор точечных значений – $(x_1, y_1, \text{значение}_1), (x_2, y_2, \text{значение}_2), \dots, (x_N, y_N, \text{значение}_N)$. 2) набор массивов значений (полилиний) – $((x_{11}, y_{11}, \text{значение}_{11}), (x_{12}, y_{12}, \text{значение}_{12}), \dots, (x_{1n}, y_{1n}, \text{значение}_{1n}))$; $((x_{21}, y_{21}, \text{значение}_{21}), (x_{22}, y_{22}, \text{значение}_{22}), \dots, (x_{2n}, y_{2n}, \text{значение}_{2n}))$, ..., $((x_{N1}, y_{N1}, \text{значение}_{N1}), (x_{N2}, y_{N2}, \text{значение}_{N2}), \dots, (x_{Nn}, y_{Nn}, \text{значение}_{Nn}))$. Разнородность данных по какому-либо исходному параметру заключается в том, что эти данные (по одному и тому же параметру) могут