

НОВЫЕ МЕТОДЫ СЖАТИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ БАЗ ДАННЫХ

Введение. С конца 1990-х гг. в Горном институте Уральского отделения РАН г. Перми проводятся полевые и тематические работы для решения задач нефтегазовой и горнодобывающей промышленности в разных регионах России. Интенсивное проведение геофизических работ приводит к быстро растущему объему геолого-геофизической информации.

Большие объемы геолого-геофизической информации требуют организации её хранения в памяти ЭВМ по специальным правилам и принципам. С этой целью используются технологии баз данных, обеспечивающих хранение информации с возможностью многократного обращения к ней в связи с решением разнообразных геологических задач и необходимостью использования новых математических методов обработки, интерпретации и анализа геоданных [1].

В качестве источников данных используются первичные материалы геофизических съемок; вторичная геолого-геофизическая информация, полученная в результате обработки и интерпретации; картографические, аэрокосмические и т.п. материалы. При таком обилии разноплановой информации крайне сложно обеспечить их структурированное хранение. Ранее данные хранились в различных папках и базах геоданных, часто на разных компьютерах. Практически, мы имели разнородные подборки информации, в которых трудно что-либо найти. Именно необходимость обеспечения надежного хранения и качественного использования имеющейся информации послужила причиной создания единой базы геолого-геофизических данных Горного института УрО РАН. Для достижения этой цели осуществлена систематизация и ввод геолого-геофизической информации в персональную базу геоданных (рис. 1).

Весьма значительный объем информации, хранящийся в базах данных, существенно усложняет процесс хранения, выборки, обработки и анализа. С целью уменьшения объема памяти, выделяемой для хранения геолого-геофизической информации, минимизации вычислительных затрат и времени предлагается использовать “сжимающие” алгоритмы аналитической аппроксимации (модуль “Qtree”) [2] и вейвлет-преобразования (модуль “Wavelet”) [3].

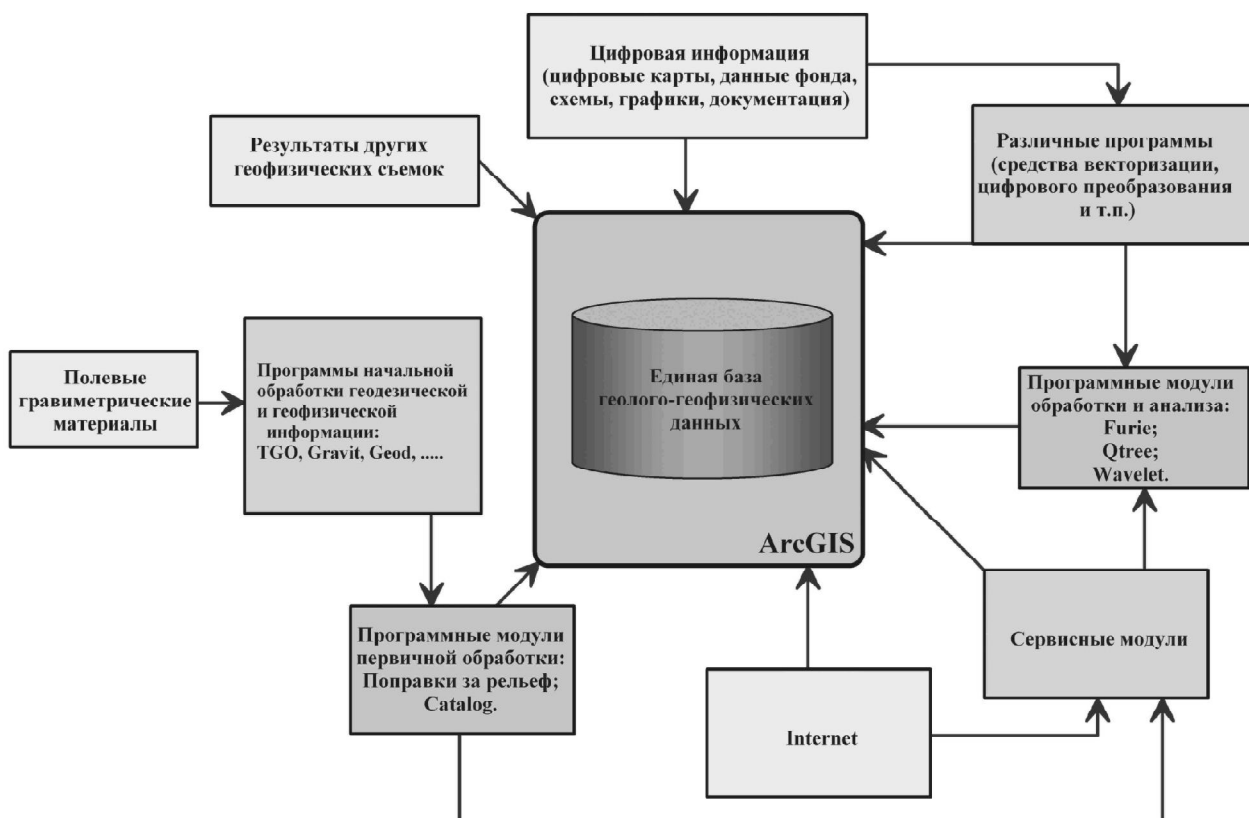


Рис. 1. Структура формирования единой базы геолого-геофизических данных

Модуль “Qtree”, основан на аналитической аппроксимации внешних элементов потенциальных полей системой истокообразных функций, представляющих собой поля эквивалентных источников (точечных масс). Предлагаемый алгоритм модуля “Qtree” основан на фрактальных принципах построения сеточной модели с учетом морфологических особенностей геопотенциального поля, что позволяет минимизировать количество источников при сохранении необходимой точности аппроксимации.

В качестве примера работы модуля возьмем матрицу гравитационного поля одной из площадей Западного Урала. Матрица составлена по материалам разномасштабных площадных и профильных гравиметрических съемок и имеет размер 339 строк на 151 столбец с шагом 0,5 км (т.е. содержит 51189 значений поля). Перепад значений поля между соседними узлами матрицы достигает 1 мГал и более. С использованием модуля “Qtree”, реализующего алгоритм подбора параметров эквивалентных источников методом квадродерева, построена эквивалентная модель источников поля, состоящая из 7 уровней и содержащая 27358 источников, что практически в два раза меньше количества значений поля (53,4 %). При этом среднеквадратичное расхождение модельного и исходного поля составило 0,04 мГал, а максимальное (по модулю) – 0,085 мГал.

Использование данного модуля позволяет производить хранение данных о поле в виде моделей элементарных источников (сеточная модель, *shp*-

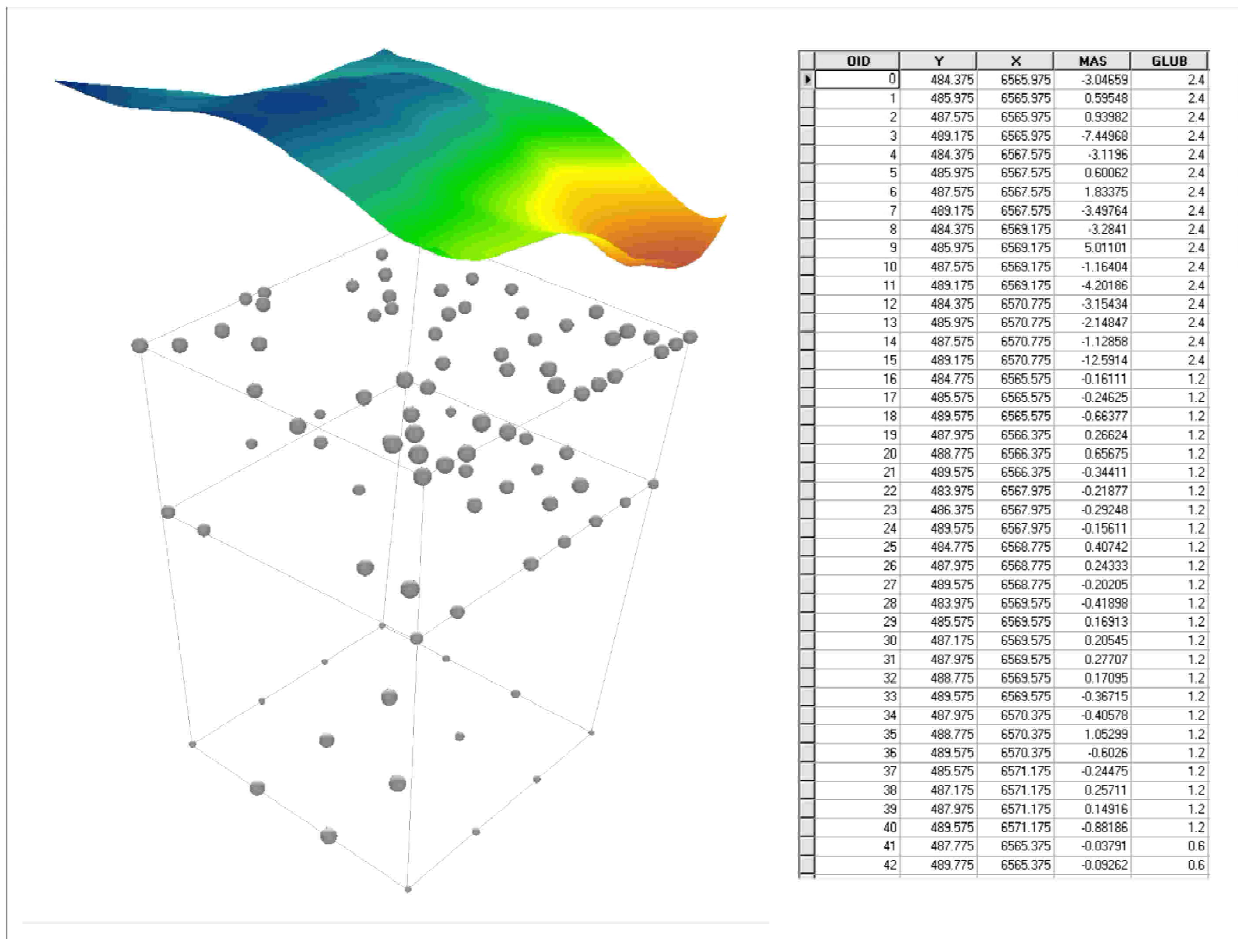


Рис. 2. Аппроксимационная конструкция и структура таблицы содержания *shp*-файла сеточной модели

файл) с включением в базу данных. Вместо массива значений поля, содержащего десятки и сотни тысяч числовых элементов, хранится аппроксимационная конструкция, имеющая намного меньший размер (рис. 2).

Модуль “Wavelet” предназначен для построения аппроксимаций гравитационного поля совокупностями эквивалентных источников при значительном объеме исходных данных. При этом используется эффективный алгоритм “истокообразной аппроксимации”, в котором построение адаптированной к полю аппроксимационной конструкции осуществляется на основе предварительно выполненного вейвлет-преобразования поля.

Аналогично модулю “Qtree”, рассматриваемый алгоритм базируется на существовании различий в спектральном составе исходного поля на отдельных участках в пределах области его задания, что приводит к идее расположения источников на разных уровнях (глубине). Принципиально новые возможности для этого открывает использование кратномасштабного вейвлет-анализа в качестве инструмента для разложения анализируемого поля на составляющие, соответствующие разноглубинным фрагментам аппроксимационной конструкции, для выделения сингулярностей поля и пред-

варительной экспресс-оценки качества решения при заданном количестве источников.

Любой сигнал при проведении быстрого вейвлет-преобразования может быть представлен в виде некоторого “грубого образа” и разномасштабных “уточняющих особенностей”, что осуществляется его разложением с использованием ортонормированных масштабируемых и перемещаемых в пространстве функций с компактным носителем – вейвлетов. Существуют устойчивые численные алгоритмы вычисления вейвлет-коэффициентов при таком разложении, а также обеспечивается возможность приближенного восстановления сигнала с априори заданной точностью. Поскольку вейвлет-коэффициенты существенно отличаются от нуля только вблизи сингулярностей (т.е. вейвлет-ряды “нормальных” функций допускают сильное “разряжение”), удастся отбросить мелкие детали и выделить наиболее существенные особенности анализируемого сигнала, что позволяет значительно сжать объем первоначальной информации.

Использование данного модуля позволяет вместо массива значений поля сохранять аппроксимационную конструкцию, имеющую существенно меньшую размерность, т.е. перейти от цифровых карт полей к аналитическим аппроксимациям. Аппроксимация обеспечивает возможность восстановления поля в произвольно выбранных точках пространства вне источников, а также выполнение асимптотически оптимальных по точности трансформаций, учитывающих различия в аппликатах z точек измерений поля. Как и модуль “Qtree”, данный модуль позволяет производить хранение данных о поле в виде моделей элементарных источников (сеточная модель, *shp*-файл) с включением в базу данных.

Построение аналитической модели производится на этапе аппроксимации геопотенциального поля. Модель включает в себе содержательную информацию, связанную со значениями поля в узлах равномерной сети, а также возможности его восстановления в отдельных точках внешнего (по отношению к его источникам) пространства, асимптотически оптимальные по точности трансформации полей разного вида с учетом особенностей рельефа поверхности измерений в пределах территории исследований.

Важно, что при построении аппроксимационных моделей происходит подавление помех негармонического характера, обусловленных погрешностями измерений; приповерхностными неоднородностями геологической среды; погрешностями, возникающими в процессе формирования цифровых моделей поля. Как показывает опыт, величины такого рода погрешностей в отдельных точках, как правило, многократно превосходят точность выполненных геофизических съемок.

Заключение. Программные модули “Qtree” и “Wavelet” представляют эффективные способы сжатия цифровой информации о гравитационном и магнитном полях, основанные на синтезе методов истокообразной аппроксимации, фрактального подхода и вейвлет-анализа, обеспечивающие не только компактное хранение данных, но также возможность восстановления различных компонентов поля в произвольно выбранных точках пространства, располагающихся выше поверхности измерений. Созданные в процессе аппроксимации модели имеют значительно меньший размер, чем исходные данные, и используются для хранения и передачи больших объемов геолого-геофизической информации.

Работа выполнена при поддержке Уральского отделения РАН (по результатам конкурса научных проектов молодых ученых и аспирантов 2007 г.) и РФФИ (грант № 07-05-96011).

1. Симанов А.А. Информационно-аналитическая система обеспечения крупномасштабных гравиметрических съемок // Геоинформатика. – 2007. – № 4. – С. 1–11.
2. Симанов А.А., А.В. Пугин. Новый подход к интерпретации и хранению геолого-геофизических данных на основе геоинформационных технологий и принципов фрактального анализа // International Conference & Exhibition EAGE, EAGO and SEG. – Saint Petersburg, 2006. – В046 (electronic format).
3. Долгаль А.С., А.А. Симанов. Применение кратномасштабного вейвлет-анализа при аналитических аппроксимациях геопотенциальных полей // Докл. РАН. – 2008. – Т. 418, № 2. – С. 256–261.