

МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

С. Г. Верич, Н. А. Волорова, А. Б. Гуринович

Факультет компьютерных систем и сетей, кафедра информатики, кафедра вычислительных методов и программирования, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Минск, Республика Беларусь

E-mail: ser-verich@yandex.ru, 6434723@tut.by, gurinovich@bsuir.by

Рассмотрен метод создания трехмерной геологической модели на основании данных по скважинам, разрезам и поверхности верхнего слоя. В первой главе описаны особенности трехмерной модели в контексте решаемой задачи. Вторая глава содержит перечень этапов метода. В третьей главе уделено внимание подходам оптимизации при реализации метода.

ВВЕДЕНИЕ

Задача компьютерного геологического моделирования носит актуальный характер. Трехмерные гео-модели применяются в различных расчетных комплексах в таких областях науки как строительство, добыча полезных ископаемых, экология и других. Подобный способ представления информации позволяет использовать модель, как для ввода исходных данных, так и для отображения результатов.

I. ОСОБЕННОСТИ ЗАДАЧИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Исходными данными для построения трехмерной геологической модели основанной на слоях [1] являются:

1. Граница верхнего слоя (изолинии)
2. Геологические скважины
3. Геологические разрезы

Основываясь на возможном наборе входных данных, предлагается унифицировать их к единой структуре. Вся начальная информация может быть представлена в виде точек в трехмерной системе координат. Каждая точка располагается на границе между двумя соседними слоями.

Результатом моделирования является трехмерный объект. Отметим некоторые особенности, которыми должны будут обладать результирующие объекты, объясним причины таких ограничений, а так же пометим этапы метода, на которых на этим особенностям будет уделено внимание.

Все объекты являются замкнутыми. Геологический слой является твердотельным объектом, и его граница не может иметь «дырок». На данную особенность будет обращено внимание на этапе построения замыканий (этап 9).

Граница такого объекта не должна иметь самопересечений. Это обусловлено самой моделируемой структурой – геологическим слоем. Данное ограничение окажет влияние на этап построения поверхности границы (этапы 4, 5).

Полученные трехмерные объекты не должны иметь пересечений между собой, помимо пересечений по поверхности их границ. Это условие продиктовано тем, что в каждой точке пространства располагается тот или иной слой, либо граница между слоями. Ограничение будет учтено на этапе построения замкнутых объектов из поверхностей границ между ними (этапы 6 – 9).

Объекты должны быть построены таким образом, чтобы между ними не было «пустого» пространства. Так как моделируется геологическая структура, которая является полностью заполненной веществом, то и результирующая модель должна отвечать этому требованию. Оценка соответствия данному пункту проведена на этапе перестроения триангуляции объекта.

II. МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ

Разработанный метод построения трехмерных геологических объектов состоит из следующих этапов:

1. Определение общей последовательности слоев (общая геологическая скважина).
2. Построение предполагаемых разрезов, на основании информации о расположении материалов в скважине и общей последовательности слоев.
3. Если полученная последовательность слоев устраивает пользователя, то переход к четвертому пункту. Иначе пользователь вносит дополнительные критерии, и повторяются пункты с первого по третий.
4. Интерполяция и экстраполяция данных полученных на основании границы верхнего слоя, мощностей слоев в скважинах и границ слоев.
5. Построение трехмерных поверхностей границ слоев на основе результатов интерполяции. Используется B-Rep представление сетки, которое широко применяется в исследованиях на данную тему [2][3].
6. Пересечение поверхностей границ слоев (формирование списка линий пересечения треугольников). При этом используется мо-

- дификация алгоритма с учетом фиксированных ребер [4]
- Перестроение триангуляции в местах пересечения.
 - Фильтрация полученных новых треугольников, на предмет принадлежности к искомой поверхности границы трехмерного объекта.
 - Формирование цельного, замкнутого трехмерного объекта. Замыкание поверхностей по бокам TRN (треугольной регулярной сетки).
 - Если пользователя устраивает построенная модель то построение завершено. Иначе пользователь может вернуться на этап 4 и сменить тип интерполятора.

III. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДА

Алгоритмы, которые были использованы при реализации этапов данного метода, имеют различные возможности по оптимизации. Можно выделить несколько общих направлений. Однако при этом так же стоит отметить возможности ускорения работы программы, за счет особенностей решаемой ими конкретной задачи построения трехмерной геологической модели.

Для построения интерполяции поверхности слоя может использоваться большой объем входных данных, для того что бы улучшить соответствие модели реальному объекту, а так же для обеспечения высокого качества результирующей модели. Метод построения гео-модели внедрялся в программный комплекс, разработанный на .net framework. Для сравнительного теста использованы три реализации алгоритма Rbf-интерполяции на C#, C++ и Fortran.

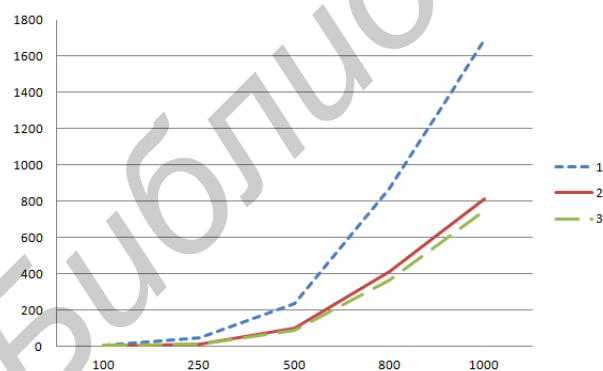


Рис. 1 – Зависимость времени, от количества входных точек (1-C#, 2-C++, 3-Fortran)

Стоит обратить внимание на то, что при интерполяции выполняются схожие расчеты, как для каждой итоговой точки определенного слоя, так и для каждого слоя в целом. Входные данные для интерполяции каждого из слоев зачастую отличаются только лишь Z координатами (связанно с тем, что входные данные берутся из

вертикальных скважин). Это позволяет произвести наиболее затратную по времени часть интерполяции один раз для всех слоев.

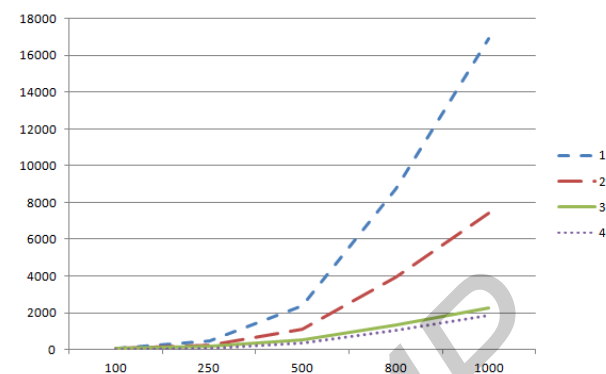


Рис. 2 – Зависимость времени, от количества входных точек (1,2-отдельный, 3,4-совместный, 1,3-последовательно, 2,4-параллельно)

Третьей подход, который можно использовать, это возможность параллелизации алгоритмов. Так использование асинхронных расчетов для каждого из слоев при реализации на C# показало 50-55% прирост производительности, для реализации алгоритма с отдельным расчетом слоев. При параллелизации алгоритма с совместным расчетом слоев, прирост производительности был не столь существенный, но предсказуемо наблюдался при меньших размерах входных данных.

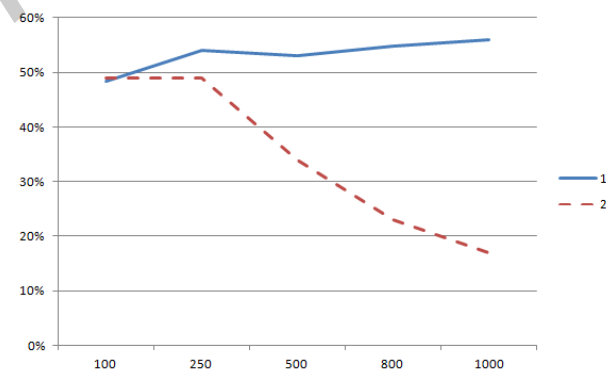


Рис. 3 – Сравнение прироста производительности при использовании асинхронных вызовов (1-отдельная обработка, 2-совместная обработка)

- Turner, A. K. Challenges and trends for geological modelling and visualisation. // Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 2006. – P. 109–127.
- Caumon, G. Surface-Based 3D Modeling of Geological Structures / P. Collon-Drouaillet, C. Le Carlier De Veslud, S. Viseur, J. Sausse // Mathematical Geosciences, 2009. – P. 927–945.
- Lemon, A. M. Building solid models from boreholes and user-defined cross-sections / N. L. Jones // Computers and Geosciences, 2003. – P. 547–555.
- Shewchuk, J. R. Delaunay refinement algorithms for triangular mesh generation // Computational Geometry: Theory and Applications, 2002. – P. 21–74.