

СУПЕРКОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ КОНТУРОВ ОТКРЫТЫХ КАРЬЕРОВ

SUPERCOMPUER MODELLING THE OPEN PIT LIMITS

**Петров Д.В., Михелев В.М.
Denis V. Petrov, Vladimir M. Mikhelev**

Текст аннотации: в статье описаны принципы суперкомпьютерного моделирования процесса поиска предельных границ рудных месторождений с применением грид-технологий.

Summary: the paper describes the principles of supercomputer simulations of the searching open pit limits grid-technologies.

Ключевые слова: суперкомпьютерное моделирование, предельные границы рудных месторождений, грид-системы, параллельное программирование.

Key words: supercomputer simulation, the open pit limits, grid systems, parallel programming.

Одной из важнейших задач при проектировании открытой разработки недр является определение конечных контуров карьеров. При нахождении границ карьера необходимо учитывать пространственное распределение компонентов полезных ископаемых и принятых устойчивых или технологически допустимых углов откосов бортов карьера. С вычислительной точки зрения данная задача является крайне сложной, т.к. для моделирования месторождений даже среднего размера приходится обрабатывать большие массивы данных, поэтому для сокращения времени расчетов и увеличения точности получаемого решения в данной области целесообразно применение суперкомпьютерных технологий.

Цель данной статьи – продемонстрировать основные принципы суперкомпьютерного моделирования предельных контуров открытых карьеров.

Для моделирования месторождения предлагается использовать двухуровневый параллельный генетический алгоритм, который хорошо накладывается на архитектуру больших гетерогенных распределенных вычислительных систем, таких, как грид-системы и позволяет равномерно разнести нагрузку по вычислительной системе, максимально эффективно используя многоядерные и гибридные вычислительные узлы.

В качестве технической платформы для проведения вычислительных экспериментов использовался сегмент грид-системы под управлением платформы Globus Toolkit.

В состав данного сегмента входит координирующий сервер и вычислительные узлы на базе процессоров Intel Xeon. Структурную схему взаимодействия всех этих компонентов можно увидеть на рисунке 1.

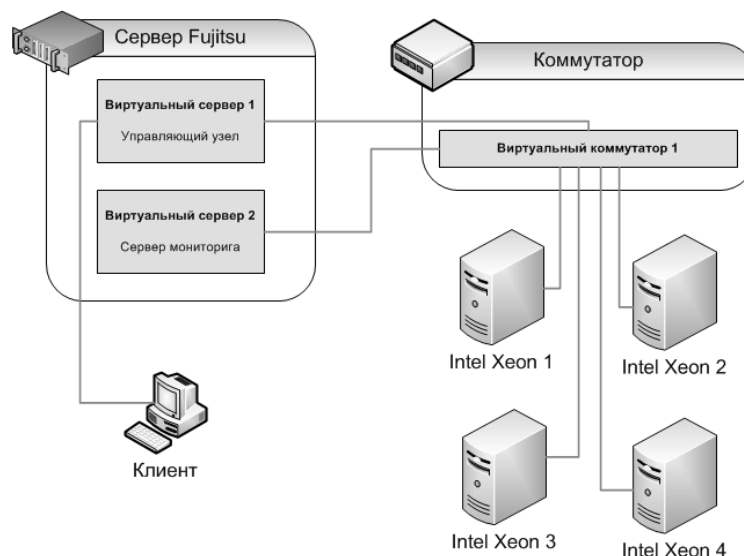


Рисунок 1 – Схема оборудования

Суммарные технические характеристики кластерной системы приведены в таблице 1 (к характеристикам узлов прибавлено 4 процессора управляющей виртуальной машины и 4 Гб ОЗУ).

Таблица 1 – Суммарные технические характеристики кластерной системы

Характеристика	Значение
Семейство процессора	QuadCore Intel Xeon
Частота процессора	1.6ГГц
Количество процессоров	12
Количество ядер	32
Объем ОЗУ	20Гб
Объем HDD	1.2 Тб
Сеть	Gigabit Ethernet (1000 Mbps)

Вследствие отсутствия доступа к геологическим моделям реальных месторождений полезных ископаемых, для проверки разработанного алгоритма исходные данные генерировались квазислучайным методом. Алгоритма тестировался на нескольких моделях пространственного распределения полезных компонентов в земной поверхности: наклонное послойное залегание, вертикальное залегание, равномерное случайное распределение. На рисунок 2 приведен пример визуального представления граничной формы карьера размером 100 на 100 на 100 метров с разрешением 1 метр, рассчитанного генетическим алгоритмом.

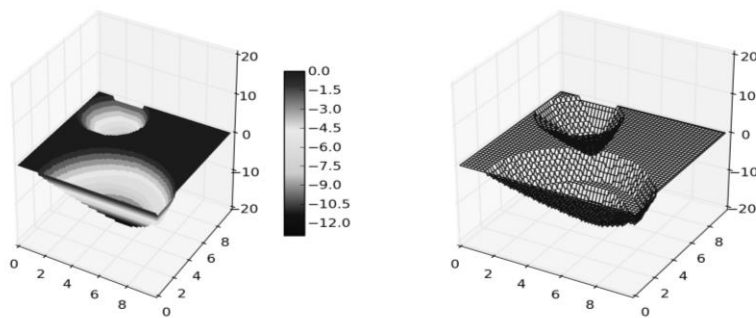


Рисунок 2 – Трехмерное изображение формы карьера, масштаб 1:10000

В рамках эксперимента проводилась проверка работы алгоритма на одном вычислительном узле грид-системы с 8 ядрами. Целью данного эксперимента было выяснить, как меняется время выполнения программы в зависимости от количества потоков в рамках одного процесса и сделать вывод, целесообразно ли применение второго уровня параллелизма в алгоритме.

В качестве тестовых данных использовалась модель карьера со случайным пространственным распределением полезных компонентов размеров 100 на 100 на 100 блоков. Проведя 8 запусков программы, с постоянно увеличивающимся количеством вычислительных потоков, был получен результат, приведенный на рисунке 3.

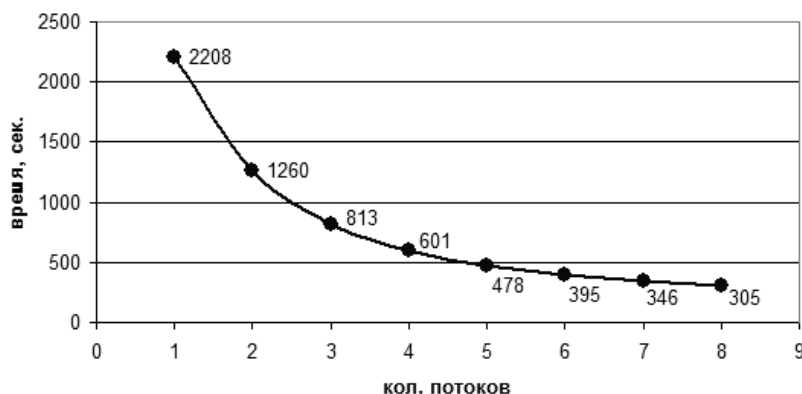


Рисунок 3 – Зависимость времени расчета от количества вычислительных потоков в рамках одного узла грид-системы

Для оценки качества масштабируемости построенного алгоритма необходимо рассчитать ускорение в зависимости от количества вычислительных потоков по формуле 1:

$$S = \frac{T_1}{T_n},$$

(1)

где T_1 – время выполнения алгоритма одним потоком, T_n – время выполнения на n потоках.

В результате был получен график, приведенный на рисунке 4. Он показывает зависимость ускорения от количества вычислительных потоков в рамках одного узла грид-системы.

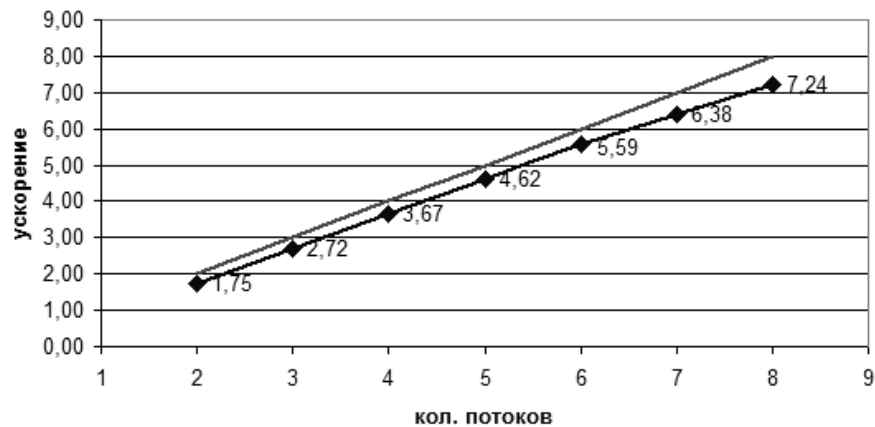


Рисунок 4 – Зависимость ускорения от количества вычислительных потоков в рамках одного узла GRID-системы

По итогам проведения эксперимента можно сделать вывод, что второй уровень параллелизма хорошо масштабируется в рамках вычислительного узла с несколькими вычислительными ядрами и его применение дает существенное преимущество по сравнению с обычным генетическим алгоритмом.

Выводы: результаты вычислительных экспериментов показали высокую перспективность предложенного метода для выполнения расчетов на регулярных блочных моделях месторождений твердых полезных ископаемых, разрабатываемых открытым способом. Основные преимущества предложенного метода заключаются в предоставлении нового принципа решения задачи оптимизации карьеров, позволяющего работать напрямую с трехмерной моделью месторождения, что значительно повышает адекватность получаемой модели. Кроме того, возможности гибкого масштабирования вычислительного процесса позволяют сокращать время обчета модели почти линейно с увеличением количества вычислительных узлов.

Литература

1. Васильев П.В. Ускорение моделирования и оптимизации извлечения запасов рудных месторождений на основе параллельных вычислений // Горный информационно-аналитический бюллетень. — М.: МГГУ, 2012. — №3. — С. 205-211.
2. Гергель В.П. Стронгин Р.Г. Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем. — Изд-во Нижегородского государственного университета, 2003. — 325 с.
3. Гергель В.П. Высокопроизводительные вычисления для многопроцессорных многоядерных систем : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлениям ВПО: 010400 "Прикладная математика и информатика" и 010300 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" / Гергель В.П.; Б-ка Нижегородского гос. ун-та им. Н.И. Лобачевского; УМО по классическому университетскому образованию. - М.: Московский университет, 2010. - 544 с.
4. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы, Горячая Линия Телеком, 2007

5. Шпаковский Г.И. Реализация параллельных вычислений: MPI, OpenMP, кластеры, грид, многоядерные процессоры, графические процессоры, квантовые компьютеры. Минск. БГУ, 2011

Сведения об авторах:

Фамилия, имя, отчество полностью: Петров Денис Васильевич

Место работы и должность в настоящее время: ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Россия, г. Белгород, ул. Победы, 85

Год окончания учебного заведения и его полное название: в 2012г. окончил обучение по магистерской программе «Математика.Компьютерные науки» в ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»

Ученая степень и звание: -

Область научных интересов: вопросы применения суперкомпьютерных технологий и эволюционных вычислений в задачах геоинформатики, в частности использование параллельных генетических алгоритмов для решения задачи поиска предельных границ рудных месторождений

Адрес электронной почты и контактный телефон: petrov@bsu.edu.ru, +7-950-717-12-04

Фамилия, имя, отчество полностью: Михелев Владимир Михайлович

Место работы и должность в настоящее время: ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Россия, г. Белгород, ул. Победы, 85

Ученая степень и звание: к.т.н, доцент

Область научных интересов: суперкомпьютерные технологии, grid-системы, облачные системы, эволюционные вычисления

Адрес электронной почты и контактный телефон: mikhelev@bsu.edu.ru