

УДК 004.056.53

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ ОБУЧЕНИЯ СТРУКТУРЫ БАЙЕСОВСКОЙ СЕТИ

С.А. Арустамов, В.Ю. Дайнеко

Представлена реализация масштабируемого параллельного алгоритма обучения структуры байесовской сети. Произведен сравнительный анализ последовательного и параллельного алгоритмов.

Ключевые слова: обучение структуры байесовской сети, вычисления на графических процессорах.

В основе алгоритмов обучения структуры байесовской сети (БС) лежат два подхода: ограничение условной независимости (в этом случае сеть может оказаться неориентированной, частично обученной) и оценка меры качества сети (оптимизация локального поиска с полным перебором всех комбинаций, сопровождающаяся экспоненциальным ростом вычислений с увеличением числа узлов сети). Известный гибридный алгоритм обучения Max-Min Hill-Climbing (ММНС) включает оба этих подхода и состоит в следующем [1]. Вначале применяется алгоритм ограничения условной независимости Max-Min Parents and Children (ММРС), который на основе данных обучения восстанавливает «скелет» БС. Далее в ММНС используется алгоритм оптимизации меры качества сети Hill-Climbing (НС). Тем не менее, применение гибридного алгоритма ММНС в работе с крупными сетями не решает проблему минимизации времени обучения. Цель представляемой авторами работы – уменьшение времени обучения гибридного алгоритма ММНС.

Предлагается использование платформы параллельных вычислений на графических процессорах (ГП) Compute Unified Device Architecture (CUDA), которая позволяет добиться значительного вычислительного ускорения. Архитектура CUDA для ГП поколения Geforce 600 позволяет объединить 4 видеокарты с двоядерными ГП, что позволяет одновременно работать с 12 288 потоковыми процессорами. Основные подходы для распараллеливания алгоритма обучения ММНС заключаются в следующих оптимизациях для работы с архитектурой CUDA.

1. Разделение обрабатываемых данных на подмножества и вычисление промежуточных данных для каждого подмножества отдельными потоковыми процессорами, работающими одновременно.
2. Использование механизма синхронизации доступа к общей памяти для каждого из потоков.
3. Масштабирование размеров заданий пулом потоков для функции ядра в зависимости от выбранного количества работающих потоков в блоках вычисления и используемой памяти для их работы.
4. Сведение к минимуму использования ветвлений внутри функций ядра.

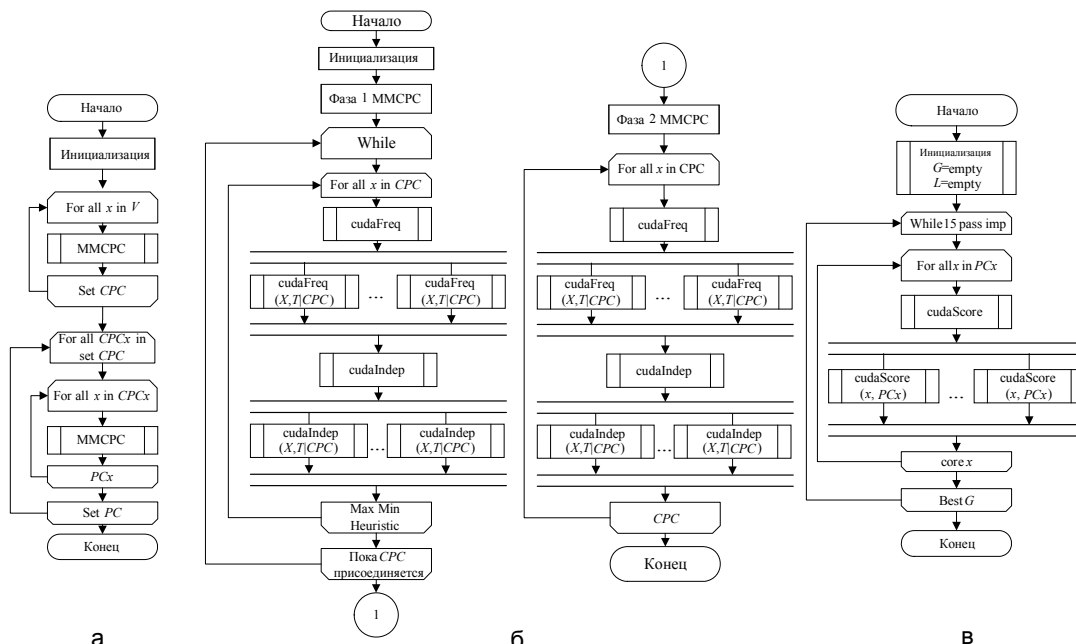


Рисунок. Блок-схема алгоритма ММРС (а); блок-схемы параллельных алгоритмов Max-Min Candidate Parents and Children (ММРС) (б) и НС (в)

Разработаны следующие функции ядра архитектуры CUDA на языке C: cudaFreq – вычисление частоты появления всех комбинаций принимаемых значений между тестируемыми переменными из обучающего набора данных D с N экспериментами; cudaIndep – тест на независимость двух переменных X и Y при данной переменной Z ; cudaScore – вычисление меры качества сети для целевого узла T от его потоков. Блок-схемы применяемых алгоритмов представлены на рисунке.

Для сравнения производительности разработанного параллельного алгоритма ММНС с последовательной реализацией использовался персональный компьютер Intel Core i5 2500 3,5 ГГц с оперативной памятью 4 ГБ; видеокарта Nvidia Geforce 9600GT с 64 потоковыми процессорами; операционная система

Ubuntu 12.04; набор разработчика CUDA Toolkit 4.0. Использовался тип данных float. Тестирование производилось пятью разными входными данными размером выборок от 1024 до 16384 записей. Размер БС – 14 узлов. В результате эксперимента для размера выборки данных 16384 время работы параллельного алгоритма сократилось до 36 раз и составило 1,46 с по сравнению с последовательным алгоритмом ММНС.

Разработанный параллельный алгоритм обучения структуры БС позволяет значительно сократить время обучения и масштабируется в зависимости от доступности потоковых процессоров.

[Л]. Tsamardinos I., Brown L.E., Aliferis C.F. The max-min hill-climbing bayesian network structure learning algorithm // Springer Science, Machine learning. – 2006. – V. 65. – № 1. – P. 31–78.

Арустамов Сергей Аркадьевич – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, доктор технических наук, профессор, sergey.arustamov@gmail.com

Дайнеко Вячеслав Юрьевич – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, аспирант, daynekovy@yandex.ru