

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Е. И. Николаев

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Направление подготовки
09.04.02 – Информационные системы и технологии

Магистратура

Ставрополь
2016

УДК 004.41 (075.8)
ББК 22.18 я73
Н 63

Печатается по решению
редакционно-издательского совета
Северо-Кавказского
федерального университета

Николаев Е. И.
Н 63 Параллельные вычисления: учебное пособие. – Ставрополь: Изд-во
СКФУ, 2016. – 185 с.

Пособие составлено в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, учебным планом и программой дисциплины.

Содержит курс лекций, охватывающий теоретические аспекты проектирования и разработки приложений для параллельных вычислительных систем. Основное внимание уделяется доступной технологии разработки параллельных приложений CUDA. Основные аппаратные средства, рассматриваемые в пособии, – графические процессоры.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению 09.04.02 – Информационные системы и технологии и обладающих теоретическими знаниями в области проектирования высокопроизводительных приложений и практическими навыками программирования (предпочтительно языки C, C++, C#).

УУДК 004.41 (075.8)
ББК 22.18 я73

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент **Ю. В. Рокотов**,
доктор техн. наук, профессор **А. В. Маликов**

© ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский
федеральный университет», 2016

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	4
КУРС ЛЕКЦИЙ.....	6
1. Основы параллельных вычислений	6
2. Концепция программирования на GPU	34
3. Разработка приложений CUDA.....	63
4. Взаимодействие потоков	92
5. Текстурная память	126
6. Интероперабельность компьютерной графики.....	145
7. Программирование в системах с несколькими GPU	164
Заключение	183
Литература.....	184

ПРЕДИСЛОВИЕ

Популярность технологий параллельной и распределенной обработки информации во многом обусловлена развитием аппаратных средств информационных систем: центральных и графических процессоров, технологий передачи информации, встраиваемых систем, мобильных устройств. Успех параллельных архитектур стал возможен благодаря повсеместному внедрению открытого программного обеспечения для разработки программ для многоядерных процессоров, графических процессоров, кластеров, многопроцессорных ЭВМ.

Очевидно, что «параллельные вычисления» – это очень широкое понятие, охватывающее широкий спектр аппаратных платформ и программных концепций. Безусловно, важность того или иного направления в параллельных вычислениях определяется и областью применения данных технологий, которые, в свою очередь, также отличаются большим разнообразием. Если говорить о сферах применения параллельных вычислительных технологий, то можно утверждать, что «параллелизм» вытесняет «линейность», то есть происходит замещение последовательных алгоритмов и программ их параллельными аналогами во всех сферах автоматизированной обработки информации.

Современное состояние параллельных вычислительных технологий характеризуется узкой специализацией разработчиков, их ориентацией на конкретные аппаратно-программные архитектуры вследствие многообразия и интенсивного развития параллельных средств информатизации. Охватить все параллельные технологии (как аппаратные, так и программные) в рамках одной работы не представляется возможным, поэтому данное пособие полностью посвящено вопросам, связанным с подходом GPGPU (General Purpose on Graphical Processing Unit). Дословно смысл данного подхода можно передать как «решение не только графических задач на графических процессорах». Данный подход охватывает широкий спектр технологий разработки, отладки, развертывания приложений, методов проектирования и распараллеливания, математических методов, но все они ориентированы на исполнение параллельных программ на гра-

фических процессорах (GPU). Так как данная работа посвящена исключительно параллельным вычислениям на базе GPU, то и спектр программных средств, рассматриваемых в пособии, ограничен только библиотекой CUDA.

Развитие и становление данного подхода, в основном, происходит благодаря разработкам компании NVIDIA. Данная компания производит не только видеокарты, позволяющие их использование в качестве мощных параллельных вычислителей, но и предлагает разработчикам библиотеки, средства разработки для эффективного взаимодействия с GPU-вычислителем. Существуют, безусловно, и другие участники рынка, производящие программное обеспечение для сферы GPGPU.

Пособие будет полезно как специалистам, занимающимся узкоспециализированными исследованиями в различных научных областях, требующих высокоинтенсивных или высокопроизводительных вычислений, так и тем, кто занимается разработкой программных систем для автоматизации производственных процессов на предприятиях.

Пособие направлено на формирование следующих компетенций:

- ПК-2 – умение разрабатывать новые методы и средства проектирования информационных систем;
- ПК-3 – уметь разрабатывать новые технологии проектирования информационных систем;
- ПК-14 – формировать новые конкурентоспособные идеи в области теории и практики информационных технологий и систем;
- ПК-15 – разрабатывать методы решения нестандартных задач и новые методы решения традиционных задач;
- ПК-16 – воспроизводить знания для практической реализации новшеств.