

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе



А.Л. Толстик

Регистрационный № УД- 42021 уч.

ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности второй ступени высшего
образования (магистратуры) с углубленной подготовкой специалиста:

1-31 81 09 «Алгоритмы и системы обработки больших объемов
информации».

2017 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-31 81 09-2014 и учебного плана G31-254/уч. от 26.05.2017.

Составители:

Н.А. Лиходед – профессор кафедры вычислительной математики Белорусского государственного университета.

Рекомендована к утверждению:

Кафедрой дискретной математики и алгоритмики Белорусского государственного университета (протокол № 13 от 20 апреля 2017 г.);

Методической комиссией факультета прикладной математики и информатики Белорусского государственного университета (протокол № 5 от 16 мая 2017 г.).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа по учебной дисциплине «Построение и анализ параллельных алгоритмов» разработана в соответствии с учебным планом и образовательным стандартом второй ступени высшего образования (магистратуры) с углубленной подготовкой специалиста по специальности 1-31 81 09 «Алгоритмы и системы обработки больших объемов информации».

Учебная дисциплина «Построение и анализ параллельных алгоритмов» знакомит магистрантов с продвинутыми подходами к решению задач отображения алгоритмов, задаваемых последовательными программами, на параллельные компьютеры с распределенной памятью, многоядерные персональные компьютеры, графические процессоры. Предполагается, что слушатель курса владеет теоретическими основами параллельных вычислений и некоторыми навыками разработки параллельных алгоритмов и программ.

Основой для изучения учебной дисциплины являются следующие учебные дисциплины первой ступени высшего образования: «Параллельные и распределенные вычисления», «Теория алгоритмов», «Вычислительные методы алгебры», «Методы численного анализа», «Архитектура компьютеров». Основой для изучения учебной дисциплины являются также учебные дисциплины первого семестра второй ступени высшего образования «Современные методы разработки эффективных алгоритмов обработки больших объемов информации», «Технологии и компьютерные системы обработки больших объемов информации».

Цель преподавания учебной дисциплины «Построение и анализ параллельных алгоритмов»: овладеть методами построения параллельных алгоритмов, получить навыки работы с передовыми системами разработки параллельных алгоритмов и программ.

Основные задачи, решаемые при изучении учебной дисциплины «Построение и анализ параллельных алгоритмов»:

получение информационной структуры алгоритмов;
исследование параллельной структуры алгоритмов;
построение параллельных алгоритмов, адекватных архитектуре целевого многоядерного компьютера.

В результате изучения дисциплины магистрант должен:

знать:

– математический аппарат параллельных вычислений;
– методы организации параллельных вычислений на многоядерных компьютерах различных архитектурах;

уметь:

– получать информационную структуру алгоритма;
– исследовать параллельную структуру алгоритма;

– строить параллельные алгоритмы, адекватные архитектуре целевого многоядерного компьютера;

владеть:

– основными способами получения параллельных алгоритмов для реализации на многоядерных CPU, компьютерах с распределенной памятью, графических ускорителях;

– инструментальными и программными средствами построения и анализа параллельных алгоритмов.

Освоение образовательной программы магистратуры должно обеспечить формирование следующих групп компетенций:

академических компетенций – углубленных научно-теоретических, методологических знаний и исследовательских умений, обеспечивающих разработку научно-исследовательских, инновационной деятельности, непрерывного самообразования (АК-1. Способность к самостоятельной профессиональной деятельности (анализ, сопоставление, систематизация, абстрагирование, моделирование, проверка достоверности данных, принятие решений и др.), готовность генерировать и использовать новые идеи. АК-2. Методологические знания и исследовательские умения, обеспечивающие решение прикладных задач и инновационной деятельности. АК-3. Способность к постоянному самообразованию);

социально-личностных компетенций – личностных качеств и умений следовать социально-культурным и нравственным ценностям; способностей к социальному, межкультурному взаимодействию, критическому мышлению; социальной ответственности, позволяющих решать социально-профессиональные, организационно-управленческие, воспитательные задачи (Магистр должен: СЛК-1. Учитывать социальные и нравственно-этические нормы в социально-профессиональной деятельности. СЛК-2. Быть способным к сотрудничеству и работе в команде. СЛК-3. Владеть коммуникативными способностями для работы в междисциплинарной и международной среде. СЛК-4. Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности. СЛК-5. Формировать и аргументировать собственные суждения и профессиональную позицию. СЛК-6. Логично, аргументированно и ясно строить устную и письменную речь, использовать навыки публичной речи, ведения дискуссии и полемики. СЛК-7. Проявлять инициативу и креативность, в том числе в нестандартных ситуациях);

профессиональных компетенций – углубленных знаний по специальным дисциплинам и способностей решать сложные профессиональные задачи, задачи научно-исследовательской и научно-педагогической деятельности, разрабатывать и внедрять инновационные проекты, осуществлять непрерывное профессиональное

самосовершенствование (Магистр должен быть способен: ПК-1. Квалифицированно использовать современные достижения по разработке и анализу алгоритмов и современные информационные технологии. ПК-2. Строить математические модели для прикладных задач и проводить теоретическое и экспериментальное их исследование. ПК-3. Разрабатывать эффективные численные алгоритмы и интегрировать их в компьютерные системы. ПК-4. Обосновывать выбор методов и инструментов для решения прикладных задач. ПК-5. Обосновывать достоверность полученных результатов. ПК-6. Осваивать и реализовывать управленческие инновации в профессиональной деятельности. ПК-7. Формулировать выводы и рекомендации по применению современных достижений науки в инновационной деятельности).

Учебная программа рассчитана на 120 часов, из них 40 аудиторных часа, в том числе 20 лекционных часов и 20 часов лабораторных занятий.

Рекомендуемая форма текущей аттестации – зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Введение

Алгоритмы с аффинными зависимостями. Зернистые вычисления. Способы получения макроопераций (зерен вычислений). Блочные алгоритмы. Тайлинг. Параллельные зернистые алгоритмы.

Раздел I. Информационная структура зернистых алгоритмов

Тема 1.1. Анализ зависимостей

Представление зависимостей. Многогранники зависимостей. Векторы глобальных зависимостей. Функции глобальных зависимостей.

Тема 1.2. Инструментальные средства анализа зависимостей

Обзор инструментальных средств для получения информационной структуры алгоритма. Получение зависимостей с использованием системы LooPo. Использование библиотек Polylib, PIP для получения глобальных зависимостей зернистых алгоритмов.

Раздел II. Параллельная структура зернистых алгоритмов

Тема 2.1. Анализ параллельной структуры алгоритмов

Особенности параллельных алгоритмов для реализации на многоядерных компьютерах различных архитектурах. Векторные таймирующие функции – математический аппарат исследования параллельной структуры алгоритма. Методика исследования локальности алгоритмов; методика исследования масштабируемости алгоритмов.

Тема 2.2. Инструментальные и программные средства анализа параллельной структуры алгоритма и генерации кода

Обзор инструментальных и программных средств для получения параллельной структуры алгоритма и генерации кода. Программные средства исследования локальности и масштабируемости параллельных алгоритмов. Исследование локальности конкретных алгоритмов. Исследование масштабируемости конкретных алгоритмов. Получение кода системой распараллеливания PLUTO. Модули и оконные приложения системы ParProc. Параллельные вычисления в системе Wolfram Mathematica. Система для генерации кода CLooG. Переводчик PPCG с языка C на расширение CUDA.

Раздел III. Построение параллельных алгоритмов решения задач вычислительной математики и задач обработки графов

Тема 3.1. Построение и анализ параллельных алгоритмов для реализации на многоядерных CPU

Организация параллельных вычислений на многоядерных CPU, параллельные циклы. Разработка и реализация на многоядерном CPU итерационных алгоритмов (в том числе, учитывающих оценку погрешности) численного решения двумерного уравнения Пуассона. Реализация разностных схем дробных шагов на многоядерном процессоре.

Тема 3.2. Построение и анализ параллельных алгоритмов для реализации на суперкомпьютерах с распределенной памятью

Организация параллельных вычислений на суперкомпьютерах с распределенной памятью, условия параллельности зернистых вычислительных процессов.

Программная реализация на параллельных компьютерах с распределенной памятью с алгоритмами и программами численного решения трехмерной задачи Дирихле для уравнения Пуассона. Построение и программная реализация на суперкомпьютерах с распределенной памятью трехшаговой разностной схемы расщеплений с весами.

Тема 3.3 Построение и анализ параллельных алгоритмов для реализации на GPU

Организация параллельных вычислений на GPU, параллельные блоки и потоки вычислений. Рациональное использование быстрых видов памяти GPU. Локальность вычислений на GPU.

Построение, реализация и экспериментальное исследование на графическом ускорителе модификаций блочного параллельного алгоритма Флойда-Уоршелла. Построение и реализация на GPU параллельного алгоритма верхней релаксации численного решения двумерного уравнения Пуассона на основе красно-черного упорядочения. Разработка и программная реализация параллельных алгоритмов матричной прогонки. Вычислительные эксперименты на GPU с алгоритмами и программами численного решения трехмерной задачи Дирихле для уравнения Пуассона. Параллельные версии алгоритмов поиска паросочетания в графе. Разработка и программная реализация гибридных параллельных алгоритмов продольно-поперечной прогонки.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Название раздела, темы	Количество часов				Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Аудиторные					
		Лекции	Пр. и сем. зан.	Лаб. зан.	Иное		
1	Введение. Информационная структура зернистых алгоритмов	6		2			
	Введение	2					Устный опрос
1.1	Анализ зависимостей	2					Устный опрос
1.2	Инструментальные средства анализа зависимостей	2					Устный опрос
	<i>Лабораторная работа 1 Получение зависимостей с использованием системы LooPo Использование библиотек Polylib, PIP для получения глобальных зависимостей зернистых алгоритмов (по выбору)</i>			2			Защита лабораторной работы 1
2	Параллельная структура зернистых алгоритмов	6		8			
2.1	Анализ параллельной структуры алгоритмов	4					Устный опрос
2.2	Инструментальные и программные средства анализа параллельной структуры алгоритма и генерации кода	2					Устный опрос
	<i>Лабораторная работа 2 Исследование локальности и масштабируемости параллельных алгоритмов</i>			4			Защита лабораторной работы 2
	<i>Лабораторная работа 3 Получение кода системой распараллеливания PLUTO Включение в систему ParProc новых модулей и оконных приложений Параллельные вычисления в системе Wolfram Mathematica Система для генерации кода CLoog. Переводчик PPCG с языка C на расширение CUDA</i>			4			Защита лабораторной работы 3

	(по выбору)						
3.	Построение параллельных алгоритмов решения задач вычислительной математики и задач обработки графов	8		10			
3.1	Построение и анализ параллельных алгоритмов для реализации на многоядерных CPU	2					Устный опрос
	<i>Лабораторная работа 4 Разработка и реализация на многоядерном CPU итерационных алгоритмов (учитывающих или не учитывающих оценку погрешности) численного решения двумерного уравнения Пуассона Реализация разностных схем дробных шагов на многоядерном процессоре (по выбору)</i>			2			Защита лабораторной работы 4
3.2	Построение и анализ параллельных алгоритмов для реализации на суперкомпьютерах с распределенной памятью	2					Устный опрос
	<i>Лабораторная работа 5 Вычислительные эксперименты на параллельных компьютерах с распределенной памятью с алгоритмами и программами численного решения трехмерной задачи Дирихле для уравнения Пуассона Построение и программная реализация на суперкомпьютерах с распределенной памятью трехшаговой разностной схемы расщеплений с весами (по выбору)</i>			4			Защита лабораторной работы 5
3.3	Построение и анализ	4					Устный опрос

	параллельных алгоритмов для реализации на GPU						
	<p><i>Лабораторная работа 6</i> <i>Построение, реализация и экспериментальное исследование на графическом ускорителе модификаций блочного параллельного алгоритма Флойда-Уоршелла</i> <i>Построение и реализация на GPU параллельного алгоритма верхней релаксации численного решения двумерного уравнения Пуассона на основе красно-черного упорядочения</i> <i>Разработка и программная реализация параллельных алгоритмов матричной прогонки</i> <i>Вычислительные эксперименты на GPU с алгоритмами и программами численного решения трехмерной задачи Дирихле для уравнения Пуассона</i> <i>Параллельные версии алгоритмов поиска паросочетания в графе</i> <i>Разработка и программная реализация гибридных параллельных алгоритмов продольно-поперечной прогонки</i> <i>(по выбору)</i></p>			4			Защита лабораторной работы 6
ИТОГО		20		20			

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемая литература

Основная

1. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. – Санкт-Петербург. БХВ-Петербург. 2002. – 608 с.
2. [Электрон. ресурс – \\fpmi-stud\Subfaculty\Каф. Выч. Мат\Параллельные вычисления\Лекции]
3. LooPo. www.fmi.uni-passau.de/loopo.
4. PLUTO: pluto-compiler.sourceforge.net.
5. CLooG: The Chunky Loop Generator. <http://www.cloog.org>.

Дополнительная

1. Антонов А.С. Параллельное программирование с использованием технологии OpenMP. – Москва, МГУ. 2009. – 77 с. http://parallel.ru/tech/tech_dev/OpenMP/examples
2. Антонов А.С. Параллельное программирование с использованием технологии MPI. – Москва, МГУ. 2004. – 71 с. <http://parallel.ru/info/parallel/antonov/>
3. Боресков А.В., Харламов А.А. Основы работы с технологией CUDA. – Москва. ДМК Пресс, 2010. – 232 с.
4. Открытая энциклопедия свойств алгоритмов. URL: <http://algowiki-project.org>
5. Воеводин Вл.В., Воеводин Вад.В. Спасительная локальность суперкомпьютеров // Открытые системы. 2013, № 9. С. 12–15.
6. Самарский А.А. Николаев Е.С. Методы решения сеточных уравнений. М: Наука. 1978. 592 с.
7. Котов В.М., Соболевская Е.П., Толстикова А.А. Алгоритмы и структуры данных. Учебное пособие. – Минск: БГУ, 2011. – 267 с.

Рекомендации по контролю качества усвоения знаний и проведению аттестации

На лекционных занятиях по учебной дисциплине «Построение и анализ параллельных алгоритмов» рекомендуется использование элементов проблемного обучения: проблемное изложение некоторых аспектов, использование частично-поискового метода.

Перечни используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

Для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений поэтапным и конечным требованиям образовательной программы создаются фонды оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы и тесты. Оценочными средствами предусматривается оценка способности обучающихся к творческой деятельности, их готовность вести поиск решения новых задач, связанных с недостаточностью конкретных специальных знаний и отсутствием общепринятых алгоритмов.

Для диагностики компетенций в рамках учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы:

1. Устная форма: опросы, устная защита лабораторных работ.
2. Письменная форма: отчеты по лабораторным работам, оценивание на основе модульно-рейтинговой системы.

Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольные мероприятия, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

Оценка текущей успеваемости рассчитывается как среднее за отчеты по домашним практическим упражнениям.

Итоговая аттестация предусматривает проведение зачета. При этом рекомендуется использовать оценивание успеваемости на основе модульно-рейтинговой системы.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Параллельные и распределенные вычисления	Вычислительной математики	Нет	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения, протокол № 13 от 20.04.2017 г
Вычислительные методы алгебры	Вычислительной математики	Нет	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения, протокол № 13 от 20.04.2017 г
Методы численного анализа	Вычислительной математики	Нет	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения, протокол № 13 от 20.04.2017 г
Архитектура компьютеров	Многопроцессорных систем и сетей	Нет	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения, протокол № 13 от 20.04.2017 г
Теория алгоритмов	Дискретной математики и алгоритмики	Нет	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения, протокол № 13 от 20.04.2017 г

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ

на ____ / ____ учебный год

№№ Пп	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры дискретной математики и алгоритмики (протокол № ____ от _____ 201_ г.)
Заведующий кафедрой

(ученая степень, звание)

(подпись)

(И.О. Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

(ученая степень, звание)

(подпись)

(И.О.Фамилия)