

Параллельные вычислительные технологии для бакалавров направлений "Прикладная математика информатика" и "Информационные технологии"^{*}

Домбровский К.А., Кафтанников И.Л., Лымарь Т.Ю., Панюков А.В.,
Силкина Н.С., Соколинский Л.Б., Цымблер М.Л., Цытович П.Л.

Введение

В настоящее время актуальной является задача подготовки бакалавров, владеющих современными параллельными вычислительными и суперкомпьютерными технологиями и способных эффективно применять их при проведении фундаментальных и прикладных исследований.

Актуальность данной задачи обусловлена следующими основными причинами: массовое производство персональных компьютеров на базе многоядерных процессоров, широкое распространение кластерных вычислительных систем и грид-вычисления.

В то же время образовательные программы по направлениям "Прикладная математика и информатика" и "Информационные технологии" не обеспечивают в полной мере подготовку выпускников, являющихся специалистами в области современных параллельных вычислительных технологий. Излагаемые в соответствующих учебных курсах сведения оказываются недостаточными для формирования целостной системы знаний, ориентированной на эффективное построение параллельных вычислительных процессов [1]. Учебные курсы, относящиеся к параллельным вычислительным системам, начинают читаться довольно поздно, вследствие чего, как правило, не удается вызвать у студентов интерес к параллельным вычислительным алгоритмам и показать перспективу работы с ними.

В данной работе описан подход к внедрению параллельных вычислительных и суперкомпьютерных технологий в учебный процесс подготовки бакалавров направлений "Прикладная математика и информатика" и "Информационные технологии", который разработан в ходе выполнения мероприятия Инновационной образовательной программы Южно-Уральского государственного университета (ЮУрГУ), выполняемой в рамках Приоритетного национального проекта "Образование".

^{*} Работа выполнена при поддержке Рособразования (Приоритетный национальный проект "Образование").

Компетенции бакалавров в области параллельных вычислений

В качестве базиса для внедрения параллельных вычислительных технологий нами использовались проекты ФГОС ВПО 3 поколения по направлениям "Прикладная математика и информатика" и "Информационные технологии" [3], принятые на заседании УМС УМО данных образовательных направлений в 2007 г.

В соответствии с компетентностной моделью результатов освоения образовательной программы нами были определены основные общепрофессиональные и инструментальные компетенции бакалавра указанных направлений, который владеет современными параллельными вычислительными и суперкомпьютерными технологиями.

К общепрофессиональным компетенциям мы относим следующие основные профессиональные качества и умения:

- основательная теоретическая, в первую очередь математическая, подготовка, а также подготовка по теоретическим и алгоритмическим основам в области параллельных вычислительных технологий, позволяющая использовать аппарат математического моделирования при решении прикладных и научных задач на суперкомпьютерах;
- основательная подготовка в параллельном программировании, как на концептуальном уровне, так и на уровне практического применения, включая владение алгоритмическим мышлением и способность к разработке параллельных версий последовательного алгоритма решения задачи и их программной реализации;
- понимание принципиальных возможностей и областей применения параллельных вычислений, включая понимание теоретических и ресурсных ограничений методов и технологий обработки данных с помощью суперкомпьютеров;
- умение обрабатывать результаты, полученные в ходе экспериментов на суперкомпьютерах, анализировать и осмысливать их с учетом имеющихся научных и технологических достижений в области высокопроизводительных вычислений.

К инструментальным компетенциям бакалавра, владеющего современными параллельными вычислительными технологиями, мы относим владение следующими основными технологиями и темами, представленными в Табл. 1. Данные технологии и темы рассматриваются в учебнике [2], который рекомендован в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по направлению "Прикладная математика и информатика". Для определения уровня инструментальных компетенций нами используется метод уровней классификацией Блума, предложенный в [4].

Табл. 1. Инструментальные компетенции в области параллельных вычислительных технологий

№ п/п	Тема (технология)	Направление			
		ИТ		ПМИ	
		Уровни компетенции			
		мин	макс	мин	макс
1.	Понятие параллельной вычислительной системы. Методика разработки параллельных алгоритмов.	4	5	4	5
2.	Архитектура параллельных вычислительных систем.	3	5	2	5
3.	Концепция грид и метакомпьютинг.	2	5	2	5
4.	Граф алгоритма и параллельные вычисления. Концепция неограниченного параллелизма. Внутренний параллелизм.	3	5	4	5
5.	Языки и системы параллельного программирования.	3	5	2	5
6.	Технология программирования OpenMP.	4	5	3	5
7.	Технология программирования MPI.	4	5	2	5

Модернизация программ базовых учебных дисциплин

В соответствии с описанной моделью компетенций бакалавров направлений "Прикладная математика и информатика" и "Информационные технологии" в области параллельных вычислений, нами проведена модернизация программ базовых учебных дисциплин данных направлений, целью которой является внедрение в учебный процесс параллельных вычислительных и суперкомпьютерных технологий.

Модернизация предполагает комплексные и согласованные изменения программ базовых учебных дисциплин и преподавание фундаментальных основ параллельных вычислений, начиная с младших курсов. Это позволит на ранних этапах обучения вызвать у студентов интерес к параллельным вычислениям и показать перспективу их использования.

Для обеспечения комплексного и согласованного характера изменений нами на основе [2] были разработаны тематические матрицы параллельных вычислительных технологий по направлениям "Прикладная математика и информатика" и "Информационные технологии", представленные в Табл. 2 и Табл. 3 соответственно.

Строки тематической матрицы представляют собой темы конкретных глав учебника [2]. В качестве столбцов тематической матрицы фигурируют модернизируемые дисциплины, расположенные в порядке их изучения студентами. В ячейках тематической матрицы указываются

Табл. 2. Тематическая матрица направления "Прикладная математика и информатика"

№ п/п	Тема	Дисциплины (семестры)														
		1			2			3		4		5	6		7	
		Языки прог-я и методы трансляции	Информатика	Практикум на ЭВМ	Языки прог-я и методы трансляции	Информатика	Практикум на ЭВМ	Системное и прикл. прог-р. обеспечение	Практикум на ЭВМ	Сист. и прикл. прог-р. обеспечение	Практикум на ЭВМ	Практикум на ЭВМ	Практикум на ЭВМ	Численные методы	Методы оптимизации	Теория игр и исслед-е операций
1.	Понятие параллельной вычислительной системы (гл. 1, §§ 1.1., 1.5., гл. 2, §§ 2.1.-2.3.)					О				Р						
2.	Архитектура параллельных вычислительных систем (гл. 3, §§ 3.1.-3.4., 3.6.)		О							Р						
3.	Концепция грид и метакомпьютинг (гл. 3, § 3.5.)		О							Р						
4.	Граф алгоритма и параллельные вычисления (гл. 4, § 4.2.)					ОП								РП		
5.	Концепция неограниченного параллелизма (гл. 4, § 4.3.)					ОП										
6.	Внутренний параллелизм (гл. 4, § 4.4.)					О								П	П	П
7.	Языки и системы параллельного программирования (гл. 5, §§ 5.1.-5.3.)				О							П		П	П	П
8.	Система программирования OpenMP (гл. 5, § 5.1.)							О	П			П			П	П
9.	Система программирования MPI (гл. 5, § 5.2.)							О	П			П		П	П	П

Табл. 3. Тематическая матрица направления "Информационные технологии"

№ п/п	Тема	Дисциплины (семестры)													
		1		2			3			4	5			6	
		Основы программирования Практикум на ЭВМ		Основы программирования Архитектура выч. систем Практикум на ЭВМ			Языки программирования Алгоритмы и анализ сложности Операционные системы Практикум на ЭВМ			Практикум на ЭВМ	Компьютерные сети	Вычислительная математика Практикум на ЭВМ		Практикум на ЭВМ	
1.	Понятие параллельной вычислительной системы (гл. 1, §§ 1.1., 1.5., гл. 2, §§ 2.1.-2.3.)			О	Р				Р			Р			
2.	Архитектура параллельных вычислительных систем (гл. 3, §§ 3.1.-3.4., 3.6.)			О					Р			Р			
3.	Концепция грид и метакомпьютинг (гл. 3, § 3.5.)			О								Р			
4.	Граф алгоритма и параллельные вычисления (гл. 4, § 4.2.)							ОП					РП		
5.	Концепция неограниченного параллелизма (гл. 4, § 4.3.)							ОП							
6.	Внутренний параллелизм (гл. 4, § 4.4.)							О							
7.	Языки и системы параллельного программирования (гл. 5, §§ 5.1.-5.3.)							О					П	П	
8.	Система программирования OpenMP (гл. 5, § 5.1.)							О			П		П	П	
9.	Система программирования MPI (гл. 5, § 5.2.)							О	П		П		Р	П	П

обозначения, определяющие характер изучения соответствующих тем в рамках соответствующей дисциплины: **О** – основы, определение; **Р** – развитие; **П** – применение.

В качестве нормативно-методической базы нами модернизации использовались действующие ГОС ВПО и проекты ФГОС ВПО данных направлений, примерные программы дисциплин, рекомендованные соответствующими УМО, и программы дисциплин, используемые в учебном процессе в ЮУрГУ.

Изменения программ дисциплин осуществлены в рамках действующего ГОС. Из программы не удалялись разделы и темы, имеющиеся в ГОС (но они могут быть сокращены и/или изменены) и добавлены отсутствующие в ГОС разделы и темы по параллельным вычислительным технологиям.

Дополнительные аудиторные часы для изучения параллельных вычислительных технологий получены за счет использования современных образовательных технологий: проведение лекций с использованием презентаций, использование лабораторных интернет-практикумов и компьютерное тестирование знаний студентов. Как показывает преподавательский опыт авторов, использование современных образовательных технологий позволяет получить резерв времени до 20% от традиционного подхода без ущерба для количества и качества изучаемого материала.

Табл. 4. Результаты модернизации программ дисциплин направления "Прикладная математика и информатика"

№ п/п	Дисциплина	Общее распределение ауд. часов		Из них посвящено изучению параллельных вычислительных технологий			
				Было (час.)		Стало (час.)	
		Лекц.	Лаб., прак.	Лекц.	Лаб., прак.	Лекц.	Лаб., прак.
1.	Практикум на ЭВМ	-	360	-	-	-	30
2.	Численные методы	36	54	-	-	9	21
3.	Теория игр и исследование операций	22	12	-	-	4	2
4.	Информатика	70	18	-	-	14	-
5.	Языки программирования и методы трансляции	70	35	-	-	4	-
6.	Системное и прикладное программное обеспечение	68	-	-	-	8	-
7.	Методы оптимизации	36	36	-	-	10	10
ИТОГО				49		63	

Результаты модернизации программ учебных дисциплин направлений "Прикладная математика и информатика" и "Информационные технологии" представлены в Табл. 4 и Табл. 5 соответственно.

Табл. 5. Результаты модернизации программ дисциплин направления "Информационные технологии"

№ п/п	Дисциплина	Общее распределение ауд. часов		Из них посвящено изучению параллельных вычислительных технологий			
				Было (час.)		Стало (час.)	
		Лекц.	Лаб., прак.	Лекц.	Лаб., прак.	Лекц.	Лаб., прак.
1.	Вычислительная математика	36	36	-	-	9	15
2.	Практикум на ЭВМ	-	360	-	-	-	48
3.	Основы программирования	108	36	-	-	12	-
4.	Алгоритмы и анализ сложности	36	36	-	-	12	4
5.	Языки программирования	36	36	-	-	8	8
6.	Архитектура вычислительных систем	64	-	10	-	18	-
7.	Операционные системы	54	18	-	-	12	-
8.	Компьютерные сети	45	27	-	-	16	20

ИТОГО

87 95

Данный подход позволил выделить 110 аудиторных часов для изучения параллельных вычислительных технологий на направлении "Прикладная математика и информатика", и 180 аудиторных часов – на направлении "Информационные технологии". Внедрение результатов в учебный процесс начнется в ЮУрГУ уже в этом учебном году.

Заключение

В данной работе представлен подход к внедрению параллельных вычислительных и суперкомпьютерных технологий в учебный процесс подготовки бакалавров направлений "Информационные технологии" и "Прикладная математика и информатика".

Предложены общепрофессиональные и инструментальные компетенции бакалавров направлений "Прикладная математика и информатика" и "Информационные технологии" в области параллельных вычислений.

Описана модернизация программ базовых учебных дисциплин данных образовательных направлений, целью которой является обеспечение подготовки студентов, владеющих современными параллельными технологиями и способных эффективно применять их на практике.

Авторами модернизированы программы по 15 базовым учебным дисциплинам. Новые версии программ предполагают преподавание основ параллельных вычислений, начиная с младших курсов. Это позволит на ранних этапах обучения вызвать у студентов интерес к параллельным вычислениям и показать перспективу их использования.

Модернизация программ выполнена в рамках действующего ГОС. Дополнительные аудиторные часы для изучения параллельных вычислительных технологий получены за счет использования современных образовательных технологий: проведение лекций с использованием презентаций, использование лабораторных интернет-практикумов и компьютерное тестирование знаний студентов.

Данный подход позволил выделить 110 аудиторных часов для изучения параллельных вычислительных технологий на направлении "Прикладная математика и информатика", и 180 аудиторных часов – на направлении "Информационные технологии".

Литература

1. Воеводин В.В. Параллельные вычисления и математическое образование // Математика в высшем образовании. -№ 3. -2005.
2. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. -СПб.: БХВ-Петербург, 2002.
3. Макет ФГОС ВПО по направлению 010400 "Информационные технологии": [http://inno.cs.msu.su/events/20070910/Model_standard_IT_070910.doc], 18.11.2008.
4. Computing Curricula 2005. The Overview Report: [http://www.acm.org/education/education/curric_vols/CC2005-March06Final.pdf], 18.11.2008.