

УДК 378

## ПРОГРАММА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ ПО ПАРАЛЛЕЛЬНОМУ ПРОГРАММИРОВАНИЮ

© 2012 г.

*В.П. Гергель<sup>1</sup>, И.Б. Мееров<sup>1</sup>, А.В. Сысоев<sup>1</sup>, А.В. Русаков<sup>1</sup>,  
И.О. Одинцов<sup>2</sup>, В.В. Самофалов<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Нижегородский госуниверситет им. Н.И. Лобачевского

<sup>2</sup> ЗАО «Интел А/О»

gergel@unn.ac.ru

Поступила в редакцию 06.05.2012

Приводятся основные положения программы профессиональной сертификации по параллельному программированию, разработанной совместными усилиями специалистов Нижегородского университета и компании «Интел». Дается описание программы и структура учебного плана. Рассказывается об опыте проведения сертификации на базе ННГУ. Ставится задача дальнейшего расширения программы, формулируются планы на будущее.

*Ключевые слова:* профессиональная сертификация, параллельное программирование, технологии высокопроизводительных вычислений, суперкомпьютерное образование.

### Введение

В 2011 году в Нижегородском государственном университете им. Н.И. Лобачевского (ННГУ) при поддержке российского отделения корпорации «Интел» стартовал проект по разработке и реализации программы профессиональной сертификации в области параллельных вычислений на базе технологий и программного обеспечения (ПО) компании «Интел». Основными целями программы являются:

1. Стимулирование интереса разработчиков ПО к более углубленному освоению области параллельного программирования.

2. Стандартизация профессиональных требований к квалификации специалистов в области параллельного программирования.

3. Формирование системы образовательных материалов, согласованной с содержанием профессиональных требований.

В целом, деятельность по развитию программы сертификации должна привести к расширению сообщества профессиональных разработчиков ПО в области параллельного программирования и, как результат, к более широкому практическому использованию потенциала современных высокопроизводительных вычислительных систем для решения актуальных задач образования, науки, промышленности и бизнеса.

### Краткая характеристика программы

Программа сертификации включает разработку и тиражирование учебных курсов, обуче-

ние и сертификацию специалистов, поддержку профессиональных сообществ, активизацию академических программ. Подготовка и тестирование специалистов проводятся в рамках различных тематических мероприятий (школ, семинаров, конференций и т.п.). Для проведения автоматизированной проверки знаний (тестирования) разработан веб-портал <http://nncc.unn.ru>, содержащий материалы для самостоятельного изучения.

В основу формирования программы сертификации были положены следующие положения:

- Поддержка в рамках программы сертификации поэтапного освоения профессиональной области параллельного программирования.
- Создание для программы сертификации системы учебных курсов, достаточных для освоения основных знаний, умений и навыков, требуемых для успешной деятельности в области параллельного программирования.
- Согласование методов и способов проверки освоения требуемых знаний, умений и навыков с уровнем сложности изучаемого материала.

Для организации поэтапного освоения профессиональной области в программе сертификации выделены уровни программы сертификации по параллельному программированию (*Intel Parallel Programming Professional, IPPP*) с последовательно возрастающими наборами требуемых знаний, умений и навыков: **Начальный** (*Introduction*), **Базовый** (*Basic*), **Экспертный** (*Expert*), **Профессиональный** (*Master*). Первые три уровня ориентированы на разработчиков

параллельного ПО, профессиональный уровень рассчитан прежде всего на преподавателей и специалистов, которые будут проводить обучение в рамках программы сертификации. Начальный уровень в большей степени содержит теоретический материал предметной области и информацию о его реализации в программных инструментах «Интел», а базовый – максимально подробно рассказывает о специфике программных инструментов «Интел» и примерах работы с ними. Отметим, что уровень эксперта предусматривает консультирование обучающегося и оценку его индивидуальной практической работы наставниками, прошедшими профессиональный уровень сертификации.

Начальный уровень подразумевает владение знаниями и навыками параллельного программирования начального уровня и включает следующие основные разделы:

1. Введение в основы параллелизма.
2. Введение в технологии параллельного программирования (OpenMP, MPI).
3. Введение в использование инструментов для параллельного программирования на примере пакета Intel Parallel Studio.
4. Введение в параллельные алгоритмы на примере классических разделов численных методов и технологий Intel.

Для начального уровня возможна самостоятельная подготовка и последующая on-line-сертификация, не предполагающая внешний контроль за процессом сдачи теста.

Базовый уровень подразумевает владение знаниями и навыками практического параллельного программирования. Основные отличия от начального уровня заключаются в более глубокой проработке теоретических и практических основ параллельных вычислений, в расширении состава используемых технологий (Intel TBB и Intel Cilk Plus), изучении дополнительных глав параллельных численных методов (расширение спектра практических приложений параллельного программирования).

### Структура учебного плана

Принципиальный момент при разработке учебного плана состоит в определении необходимого набора основных знаний, умений и навыков, требуемых для успешной деятельности в области параллельного программирования. Для решения этого вопроса в основу программы сертификации положен Свод знаний и умений предметной области «Суперкомпьютерные технологии и параллельные вычисления», разработанный профессиональным сообществом Суперкомпьютерного консорциума университетов России в ходе выполнения проекта Комиссии при Президенте РФ по модернизации и техно-

логическому развитию экономики России «Создание системы подготовки высококвалифицированных кадров в области суперкомпьютерных технологий и специализированного программного обеспечения» [1, 2].

За основу методики подготовки рекомендаций по составлению учебных планов в области суперкомпьютерных технологий и высокопроизводительных вычислений принят подход, использованный сообществами ACM (Association for Computing Machinery) и IEEE Computer Society при разработке международных рекомендаций Computing Curricula [3, 4].

Суть подхода состоит в следующем:

1. Свод знаний, который должен быть освоен для успешной деятельности в рамках определенных отраслей науки, техники и бизнеса, определяется набором **областей знаний**, представляющих собой отдельные части изучаемой специальности.
2. Области делятся на меньшие структуры, называемые **разделами**, которые представляют собой отдельные тематические модули.
3. Каждый раздел, в свою очередь, состоит из набора **тем**, представляющих собой нижний уровень этой иерархии в определяемой специальности.

Каждый раздел сопровождается указанием, является ли он обязательным или факультативным, а также рекомендуемым объемом учебного времени, необходимым для его изучения.

Важно подчеркнуть, что подобная структура областей, разделов и тем определяет именно свод знаний, необходимый для освоения специальности, а не перечень учебных курсов. Именно этот свод знаний может служить основой для разработки учебных планов и определения необходимых учебных курсов.

Наличие Свода знаний и умений предметной области позволило разработать учебный план программы сертификации, состоящий из следующих образовательных модулей:

- Модуль 1 «Введение в основы параллелизма».
- Модуль 2 «Введение в технологии параллельного программирования (OpenMP, MPI, TBB, Cilk Plus)».
- Модуль 3 «Введение в использование инструментов для параллельного программирования на примере пакета Intel Parallel Studio».
- Модуль 4 «Введение в параллельные алгоритмы на примере классических разделов численных методов».

В приводимой далее таблице для каждого модуля указываются имеющиеся в них разделы. Для каждого модуля и раздела плана указано количество учебных часов для лекций (л) и лабораторных работ (лр).

Таблица

## Структура учебного плана

Модуль, раздел	Количество учебных часов по уровням	
	начальный	базовый
<b>Модуль 1. «Введение в основы параллелизма»</b>	<b>22 л 6 лр</b>	<b>22 л 6 лр</b>
Математические основы параллельных вычислений	4 л	4 л
Архитектуры – аспекты параллелизма	8 л	8 л
Операционные системы – аспекты параллелизма	10 л 6 лр	10 л 6 лр
<b>Модуль 2. «Введение в технологии параллельного программирования (OpenMP, MPI, TBB, Cilk Plus)»</b>	<b>11 л 11 лр</b>	<b>19 л 19 лр</b>
Введение в параллельное программирование	2 л	2 л
Принципы организации параллелизма с использованием технологии OpenMP	2 л 2 лр	2 л 2 лр
Распределение вычислений и синхронизация с использованием технологии OpenMP	2 л 4 лр	2 л 4 лр
Принципы организации параллелизма с использованием MPI	2 л 2 лр	2 л 2 лр
Передача данных средствами MPI	3 л 3 лр	3 л 3 лр
Типы данных MPI. Виртуальные топологии	-	2 л 2 лр
Создание параллельных программ с использованием библиотеки TBB	-	4 л 4 лр
Создание параллельных программ с использованием технологии Cilk Plus	-	2 л 2 лр
<b>Модуль 3. «Введение в использование инструментов для параллельного программирования на примере пакета Intel Parallel Studio»</b>	<b>1 л 8 лр</b>	<b>2 л 12 лр</b>
Обзор возможностей пакета инструментов Intel Parallel Studio XE	1 л	1 л
Лабораторные работы по использованию инструментов Intel Parallel Studio XE для решения модельных задач (л/р «Вычисление определенного интеграла», «Поиск простых чисел», «Сортировки»)	8 лр	8 лр
Лабораторная работа «Поиск путей на графе»	-	4 лр
Библиотека MKL (входит в л/р модуля 4)	-	1 л
Библиотека IPP (входит в л/р модуля 4)	-	-
<b>Модуль 4. «Введение в параллельные алгоритмы на примере классических разделов численных методов»</b>	<b>4 л 4 лр</b>	<b>10 л 12 лр</b>
Плотные и разреженные матрицы. Форматы хранения. Типовые алгоритмы (матричное умножение). Методы решения систем линейных уравнений	4 л	4 л
Дифференциальные уравнения в частных производных	-	2 л
Методы Монте-Карло	-	2 л
Лабораторная работа по использованию инструментов Intel Parallel Studio XE для разработки и анализа алгоритмов на примере задачи умножения разреженных матриц	4 лр	4 лр
Лабораторная работа «Методы прогонки и циклической редукции в решении СЛАУ с ленточной матрицей»	-	2 лр
Лабораторная работа «Параллельные методы Монте-Карло»	-	2 лр
Лабораторная работа «Фильтрация изображений. Быстрое преобразование Фурье»	-	2 л 2 лр
Лабораторная работа «Дифференциальные уравнения в частных производных»	-	2 лр
<b>Итоговое тестирование</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

Детализированные учебные планы и методические материалы для проведения занятий и самостоятельного изучения представлены на портале <http://nncs.unn.ru>.

### Основные результаты

В целом можно отметить, что выполнены все необходимые работы для инициации программы сертификации, в том числе определены тре-

бования к начальному и базовому уровням, разработаны учебные планы, подготовлены тесты, выполнена апробация. Выполнение работ осуществлялось на базе центра компетенции «Интел» в ННГУ (базовое подразделение), специалистами Санкт-Петербургского и Новосибирского университетов, сотрудниками компании «Интел». Тестирование участников сертификации проводилось с использованием системы «Сигма» (НИВЦ МГУ). Разработан сайт программы сертификации – <http://nncs.unn.ru>.

Опыт организации и проведения научно-образовательных мероприятий в области параллельного программирования [5–7] позволяет сделать следующие выводы:

1. В университетском сообществе в России существует большой интерес к области высокопроизводительных вычислений. Тем не менее в стране и за рубежом отсутствуют программы сертификации специалистов по тематике параллельного программирования.

2. Несмотря на появление в учебных планах разных вузов отдельных курсов по параллельным вычислениям, в данной области отмечается нехватка квалифицированных кадров.

3. Знания многих студентов носят преимущественно эмпирический характер, обусловленный самостоятельным, не всегда систематизированным изучением предмета. К сожалению, практические знания и навыки часто не подкреплены уверенным владением теоретическим материалом, что ограничивает возможности роста специалиста и его адаптации к быстро растущей и постоянно меняющейся области параллельных вычислений. Анализ результатов тестирования претендентов на получение сертификата полностью подтверждает этот тезис.

4. За 2011 год в программе сертификации приняли участие 1720 человек, успешно прошли сертификацию 363 человека (21% успешных попыток). Отметим, что в случае прохождения предварительного обучения по программам начального и базового уровней процент успешных попыток сдачи теста существенно повышается и составляет 75%.

### Планы развития программы

Выполненные работы обеспечили возможность практической апробации разработанных подходов, учебных планов и курсов. Полученные результаты позволяют ставить задачу существенного развития программы сертификации. Для дальнейшего развития программы сертификации в 2012 году планируется выполнить следующие работы:

1. Совершенствование учебного плана на основе совместной работы с центром компетенции «Интел» по высокопроизводительным вычислениям в МГУ.

2. Значительное увеличение масштаба программы путем привлечения российских вузов как ассоциированных участников программы сертификации.

В 2013 году предполагается преобразование «пилотной» программы сертификации, разработанной на предшествующих этапах и ориентированной в значительной степени на инструменты компании «Интел», в общепрофессиональную программу сертификации, включающую следующие компоненты:

1. *Основную программу сертификации*, предусматривающую освоение и проверку (сертификацию) фундаментальных и основных прикладных знаний и умений в области параллельного программирования.

2. *Специальные программы сертификации*, ориентированные на более конкретные технологии и программные средства разных компаний («Интел», «Майкрософт» и др.).

### Список литературы

1. Свод знаний и умений в области суперкомпьютерных технологий. URL: <http://www.hpc-education.ru>.
2. Воеводин В.В., Гергель В.П. Суперкомпьютерное образование: третья составляющая суперкомпьютерных технологий // Вычислительные методы и программирование: новые вычислительные технологии. 2010. Т. 11, № 2. С. 117–122.
3. Рекомендации по преподаванию программной инженерии и информатики в университетах. М.: ИИТ-ПУ «Интернет-Университет Информационных технологий», 2007. URL: <http://se.math.spbu.ru/SE>.
4. Computing Curricula Computer Science 2008. URL: [http://www.computer.org/portal/c/document\\_library/get\\_file?p1\\_id=2814020&folderId=3111026&name=DLF E-57604.pdf](http://www.computer.org/portal/c/document_library/get_file?p1_id=2814020&folderId=3111026&name=DLF E-57604.pdf)
5. Баркалов К.А., Гергель В.П., Гергель А.В. и др. Организация и проведение всероссийской школы по суперкомпьютерным технологиям // Открытое и дистанционное образование. 2010. № 2. С. 24–29.
6. Гергель В.П., Линев А.В., Мееров И.Б., Сысоев А.В. Об опыте проведения программ повышения квалификации профессорско-преподавательского состава по направлению «Высокопроизводительные вычисления» // Открытое и дистанционное образование. 2010. № 3. С. 15–20.
7. Гергель В.П., Стронгин Р.Г. Опыт Нижегородского университета по подготовке специалистов в области суперкомпьютерных технологий // Вестник Нижегородского университета. 2010. №3(1). С. 191–199.

### UNN-INTEL PROFESSIONAL CERTIFICATION PROGRAM ON PARALLEL PROGRAMMING

*V.P. Gergel, I.B. Meyerov, A.V. Sysoyev, A.V. Rusakov, I.O. Odintsov, V.V. Samofalov*

The article presents the main concepts of UNN-Intel professional certification program on parallel programming. A short description of the program and curriculum structure are given. The experience of certification at UNN is described. The aims of further development are formulated.

*Keywords:* professional certification, parallel programming, Intel technologies, HPC education.