

МЕТОДИКА СЕРТИФИКАЦИИ УЧЕБНЫХ КУРСОВ И ПРОГРАММ В ОБЛАСТИ «СУПЕРКОМПЬЮТЕРЫ И ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ»

А.С. Антонов, Вл.В. Воеводин, И.О. Одинцов

1. Цель сертификации

В 2010-2012 годах многие российские ВУЗы были вовлечены в выполнение масштабного проекта Комиссии при Президенте РФ по модернизации и технологическому развитию экономики России «Создание системы подготовки высококвалифицированных кадров в области суперкомпьютерных технологий и специализированного программного обеспечения» («Суперкомпьютерное образование»). В рамках данного проекта выполнен большой объём работ по созданию в России целостной системы суперкомпьютерного образования [1-4].

Предлагаемая Суперкомпьютерным консорциумом университетов России система сертификации учебных курсов и программ в области «Суперкомпьютеры и параллельные вычисления» дополняет проект «Суперкомпьютерное образование» комплексом мер по проверке содержания совокупности учебных курсов, используемых в российских вузах в рамках программ подготовки, переподготовки и повышения квалификации кадров в области суперкомпьютерных технологий и параллельных вычислений.

Преследуя как основную цель – повышение качества подготовки специалистов в области параллельных вычислений и суперкомпьютерных технологий – система сертификации будет способствовать также и решению следующих важных задач:

- Стимулирование интереса разработчиков программного обеспечения к более углубленному освоению области параллельных вычислений и суперкомпьютерных технологий.
- Стандартизация профессиональных требований к квалификации специалистов в области параллельных вычислений и суперкомпьютерных технологий.
- Формирование системы образовательных материалов, согласованной с содержанием профессиональных требований, актуализация учебных курсов и программ в области параллельных вычислений и суперкомпьютерных технологий.

Для сертификации представляются материалы учебных курсов, содержащих элементы знаний из предметной области «Суперкомпьютеры и параллельные вычисления». Сертифицироваться могут как основные и дополнительные курсы, включённые в программу обучения конкретного ВУЗа, так и краткосрочные интенсивные курсы, реализуемые в рамках специальных групп обучения или программ повышения квалификации. В предоставляемых материалах может содержаться информация о том, что часть тем включена в смежные курсы данного ВУЗа, читаемые в рамках единой программы обучения. В результате сертификации оценивается степень соответствия содержания курсов Своду знаний и умений в данной области или некоторому его выделенному подмножеству. На основе выполненной экспертной оценки учебный курс признаётся соответствующим Своду знаний и умений или некоторому его выделенному подмножеству, либо выдаются рекомендации по модификации учебного курса для лучшего соответствия.

2. Процедура сертификации

Для проведения сертификации учебного курса необходимо представить, как минимум, программу курса и расширенный план лекций, включающий описание всех базовых понятий, объясняемых в данном курсе. Желательно представление полноценного учебно-методического комплекса (включающего презентации и тексты лекций) для получения более полной картины сертифицируемого курса. Результаты сертификации будут содержать информацию о том, на базе каких учебных материалов она проводилась.

Для проведения сертификации учебных курсов и программ назначается группа экспертов, утверждаемая в рамках Суперкомпьютерного консорциума университетов России. Каждый представленный материал должен пройти сертификацию как минимум двумя независимыми экспертами.

Сертифицированный учебный курс может получить соответствующий сертификат Суперкомпьютерного консорциума университетов России, а ВУЗ, проводящий обучение согласно данному курсу, имеет право выдавать именные сертификаты студентам, прошедшим обучение по этому курсу и успешно прошедшим проверку знаний (например, в форме тестирования) в рамках независимых центров, таких как Коллективный банк тестов «СИГМА» (sigma.parallel.ru), Интернет-Университет Суперкомпьютерных Технологий (hrscu.ru) или Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ» (intuit.ru).

Учебный курс, не прошедший сертификацию, может быть представлен для повторной сертификации после внесения изменений, соответствующих рекомендациям экспертов.

3. Основа сертификации – Свод знаний и умений

Основой сертификации учебных курсов и программ является Сводный перечень (Свод) необходимых знаний и умений (профессиональных компетенций) в области параллельных вычислений и суперкомпьютерных технологий [5]. Это те компетенции, которыми должны обладать учащиеся после того, как закончат соответствующий факультет или курс, пройдут переподготовку или специализированное обучение в рамках спецгрупп. Именно Свод помогает понять, как должен строиться и на что должен опираться учебный процесс.

Главное в Своде — это описание предметной области «Суперкомпьютеры и параллельные вычисления», позволяющее четко определиться, чему учить и как организовать учебный процесс для каждой конкретной целевой группы обучаемых. Структура созданного Свода знаний согласована с рекомендациями международных профессиональных сообществ ACM и IEEE Computer Society.

Свод знаний и умений предметной области «Суперкомпьютеры и параллельные вычисления» был разработан в ходе выполнения проекта «Суперкомпьютерное образование». Он определяется набором областей знаний, представляющих собой отдельные части изучаемой специальности. Далее, области делятся на меньшие структуры, называемые разделами, которые представляют собой отдельные тематические модули внутри области. Каждый раздел, в свою очередь, состоит из набора тем, представляющих собой нижний уровень этой иерархии в определяемой специальности.

Основной Свод знаний и умений должен максимально полно покрывать всю рассматриваемую предметную область. Однако далеко не всегда есть необходимость в изучении всех разделов Свода. Для разных специальностей, по которым проводится обучение, могут потребоваться разные наборы базовых знаний. Таким образом, возникают различные варианты Свода знаний и умений для разных специальностей. Свод для конкретной специальности является, как правило, частью общего Свода знаний и умений, но может и дополнять его с учетом специфики предметной области.

4. Уровни сертификации

Программа сертификации может быть рассчитана на разные уровни знаний в рассматриваемой предметной области. Примером таких уровней может быть выделение трёх основных уровня сертификации: Начальный, Базовый, Мастер.

Начальный уровень предполагает выделение в Своде знаний и умений минимального набора сведений, необходимого для вхождения обучаемых в рассматриваемую предметную область. Базовый уровень предполагает получение знаний, достаточных для работы квалифицированного пользователя на современных суперкомпьютерных системах. Учебный курс, сертифицируемый по базовому уровню, должен включать проведение специализированного практикума на суперкомпьютерных системах. Уровень Мастер предполагает подготовку высококвалифицированных специалистов в предметной области. На данном уровне рекомендуется выполнение проектных заданий под руководством преподавателя. Рекомендации по наполнению вычислительного практикума и содержанию проектных заданий предполагается разработать позднее.

В ходе выполнения проекта «Суперкомпьютерное образование» было произведено выделение в Своде знаний и умений предметной области «Суперкомпьютеры и параллельные вычисления» Начального уровня знаний. Предполагается, что овладение знаниями, соответствующими данному уровню, должно быть достаточно для начала работы квалифицированного пользователя на современных суперкомпьютерных системах.

5. Сопоставление учебных курсов со Сводом знаний и умений

Каждый эксперт, проводящий сертификацию учебного курса, должен выполнить сопоставление содержания учебного курса с выбранным уровнем Свода знаний и умений. Если эксперт считает представленный материал недостаточным для сертификации, Суперкомпьютерный консорциум университетов России может запросить у преподавателя дополнительный материал или отказать ему в сертификации курса.

Для сопоставления содержания учебного курса с выбранным уровнем Свода знаний и умений требуется оценить, насколько находит отражение в анализируемом учебном курсе каждая тема, включённая в выбранный уровень Свода. Для упрощения работы эксперта ему предлагается 3 варианта оценки: «+», если тема полно отражена в учебном курсе, «±», если тема освещена частично (или если представленные материалы не позволяют достоверно оценить полноту освещения данной темы) и «-» в случае, если тема не находит отражения в курсе.

Сертифицируемый курс может содержать также сведения, не входящие в выбранный уровень Свода знаний и умений. Экспертам рекомендуется это также отмечать. Если в курс включено большое количество сведений из следующего уровня сертификации, данный курс может быть рекомендован на прохождение сертификации более высокого уровня.

По результатам проведённого анализа эксперт выставляет общую оценку соответствия анализируемого курса Своду знаний и умений: «соответствует», «частично соответствует», «не соответствует». Во всех случаях эксперт формулирует свои рекомендации по модификации учебного курса для более полного соответствия Своду. По темам, оцененным «±», рекомендуется дополнить материал, темы, помеченные как «-», рекомендуется добавить в учебный курс.

На основе всех экспертных решений составляется общее заключение о степени соответствия содержания учебного курса выбранному уровню Свода знаний и умений. Учебный курс, признанный соответствующим Своду, получает сертификат Суперкомпьютерного консорциума университетов России.

Сертификация учебного курса подтверждает его соответствие текущему состоянию Свода знаний и умений. Однако предметная область «Суперкомпьютеры и параллельные вычисления» является весьма динамичной, что неизбежно приводит к модификациям и изменениям в Своде. Поэтому срок действия выданного сертификата будет ограничен, и через соответствующий промежуток времени рекомендуется повторная сертификация учебного курса.

6. Рекомендации по применению технологий Intel в сертифицируемом учебном курсе

Активное участие в разработке программы сертификации учебных курсов в области «Суперкомпьютеры и параллельные вычисления» принимает корпорация Intel. Многие идеи, положенные в основу сертификации, близки идеям, развиваемым Intel в собственных сертификационных программах [6-8]. Кроме того, учебные курсы, разработанные Intel, покрывают значительную часть тем предметной области «Суперкомпьютеры и параллельные вычисления» и могут быть рекомендованы для использования в процессе обучения по данной тематике.

В 2011 году корпорация Intel выступила с инициативой – дать пользователям необходимый набор знаний и навыков работы с современными параллельными и мобильными технологиями Intel с помощью учебных курсов.

В рамках развития инициативы в области разработки и применения современных инструментов программирования, специалисты Intel в сотрудничестве с университетами России разработали сертификационную программу подготовки профессиональных программистов – специалистов в области параллельного программирования и программирования для мобильных устройств с использованием инструментов Intel.

Успешное прохождение курсов сертификационной программы дает возможность получить сертификаты Intel Parallel Programming Professional (IPPP) и Intel Mobile Programming Professional (IMPP) по совокупности тем и набору знаний. При разработке курсов были учтены различные уровни подготовки слушателей и их возможная мотивация.

Существующие на данный момент курсы разработаны преподавателями лабораторий Нижегородского, Санкт-Петербургского и Новосибирского государственных университетов при консультационной и экспертной поддержке сотрудников Intel. Все созданные на данный момент образовательные курсы имеют похожую структуру: это лекционные занятия, практика (лабораторные работы) и большой набор проверочных тестов. Курсы открыты, они опубликованы на «Академии Intel» в рамках образовательного портала НОУ «ИНТУИТ» (<http://intel.intuit.ru/>).

Каждый курс имеет два уровня сложности:

- Вводный курс, сертификат уровня Introduction;
- Основной курс, сертификат уровня Basic.

Дополнительно слушателям могут быть предложены два уровня:

- Курс решения практических проблем, сертификат уровня Expert. Учебная программа для этого курса составляется индивидуально для каждого слушателя и с учетом его реальных исследовательских задач.
- Методический курс ориентирован на преподавателей. Чтобы стать сертифицированным преподавателем, нужно, кроме изучения основного курса и успешной сдачи итогового теста, пройти собеседование с авторами курса и под их руководством выступить с фрагментом курса перед слушателями. Если эти этапы удалось преодолеть, то участник программы становится обладателем сертификата уровня Master и может самостоятельно преподавать курс.

Работа над созданием курсов продолжается, например, в планах 2013 года – курс по программированию на многоядерных сопроцессорах Intel Xeon Phi. Еще один разрабатываемый курс с рабочим названием «Основы применения суперкомпьютерных технологий в инженерном анализе» рассматривает вопросы применения суперкомпьютерных технологий в инженерной деятельности с позиций подготовки современных инженеров-разработчиков, имея в виду в первую очередь конструкторов, расчетчиков и проектировщиков новых машин и систем. В курсе изучаются технологии математического моделирования, как важнейшего инструментария современного инженера, и устанавливается их связь с фундаментальными аспектами инженерного знания. Важная часть курса посвящена использованию многопроцессорных версий программных комплексов для решений инженерных задач. Также значительное внимание уделяется примерам решений на суперкомпьютерах характерных промышленных задач. В курсе будет сделана попытка описать те трудности и пути их преодоления, которые будут встречаться на пути будущих инженеров при активном использовании ими суперкомпьютерных технологий.

Совокупность наборов курсов по направлению IPPP представлена на рис. 1.

По итогам сертификации учебных курсов даются рекомендации по встраиванию учебных курсов Intel в образовательные программы вузов.



Рис. 1. Совокупность наборов курсов по направлению IPPP

7. Апробация системы сертификации учебных курсов

Разработанная методика сертификации учебных курсов в области «Суперкомпьютеры и параллельные вычисления» прошла успешную апробацию на ряде учебных курсов, предоставленных преподавателями трёх российских ВУЗов.

Для пробной сертификации по начальному уровню были представлены:

- учебный курс «Суперкомпьютеры и параллельная обработка данных» факультета Вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова;
- учебный курс «Параллельное программирование» кафедры информационной безопасности Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова;
- учебные курсы «Языки параллельного программирования (современный Фортран)», «Параллельное и распределенное программирование», «Введение в параллельные алгоритмы», «Математические основы параллельного программирования», «Параллельные алгоритмы матричных вычислений», «Суперкомпьютерные технологии решения задач математической физики», «Параллельное программирование на C++» факультета прикладной математики, информатики и механики Воронежского государственного университета.

Проведённая сертификация показала, что все три курса могут получить сертификат Суперкомпьютерного консорциума университетов России. Вместе с этим, если по курсу МГУ имени М.В. Ломоносова замечаний экспертов было немного, то по курсам двух других университетов было рекомендовано произвести доработки. Не исключено, что часть замечаний экспертов была вызвана неполнотой представленной информации. Например, некоторые темы могут рассматриваться в смежных курсах того же университета, которые не были представлены для анализа, составляя в результате полную и гармоничную картину даваемых студентам знаний в области параллельных вычислений и суперкомпьютерных технологий. С другой стороны, в курсах всех трёх университетов отмечены и заметные превышения базового уровня знаний по отдельным темам. Это может иметь как положительное влияние на уровень подготовки студентов, так и привести к дисбалансу программы обучения в целом, что может негативно сказаться на восприятии и усвоении материала студентами.

8. Заключение

Разработанная программа сертификации учебных курсов в области «Суперкомпьютеры и параллельные вычисления» призвана содействовать повышению качества образования в данной предметной области. Учебные курсы, прошедшие данную сертификацию, показывают своё соответствие современному состоянию данной области. Вузы, в которых данные курсы читаются, получают право сертифицировать успешно прошедших обучение студентов от имени Суперкомпьютерного консорциума университетов России.

Официальная страница программы сертификации учебных курсов в области «Суперкомпьютеры и параллельные вычисления»: <http://hpc-russia.ru/certification.html>.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Воеводин Вл.В., Гергель В.П. Суперкомпьютерное образование: третья составляющая суперкомпьютерных технологий // Вычислительные методы и программирование: новые вычислительные технологии. 2010. Т. 11. № 2. С. 117-122.
2. Воеводин Вл.В., Гергель В.П., Соколинский Л.Б., Демкин В.П., Попова Н.Н., Бухановский А.В. Развитие системы суперкомпьютерного образования в России: текущие результаты и перспективы // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2012. № 4. С. 203-209.
3. Антонов А.С., Артемьева И.Л., Бухановский А.В., Воеводин В.В., Гергель В.П., Демкин В.П., Коньков К.А., Крукиер Л.А., Попова Н.Н., Соколинский Л.Б., Сухинов А.И. Проект «Суперкомпьютерное образование»: 2012 год // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2013. № 1-1. С. 12-16.
4. А.С. Антонов, Вл.В. Воеводин, В.П. Гергель, Л.Б. Соколинский. Системный подход к суперкомпьютерному образованию // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Вычислительная математика и информатика». 2013. Т. 2. № 2. С. 5-17.
5. Свод знаний и умений предметной области «Суперкомпьютеры и параллельные вычисления». <http://hpc-education.ru/?q=node/15>
6. В.П. Гергель, И.Б. Мееров, И.О. Одинцов, А.В. Сысоев, А.В. Русаков, В.В. Самофалов. Программа профессиональной сертификации по параллельному программированию // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского, 2012. № 4(1). С. 41-44.
7. Александр Авдеев, Игорь Одинцов, Александр Сериков, Виктор Самофалов. Для кого и как работает сертификационная программа Intel // «Открытые системы». 2011. № 08.
8. И.О. Одинцов. Суперкомпьютерное программирование – третья грамотность // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации: материалы Одиннадцатой открытой Всероссийской конференции (16–17 мая 2013 г.). – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2013.