

Московский Суперкомпьютерный Форум

Москва, 21 октября 2014 г.

СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: международные рекомендации по разработке учебных планов



Гергель В.П., декан ВМК ННГУ, директор НИИ ПМК



НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. Н.И. ЛОБАЧЕВСКОГО
Национальный исследовательский университет

Значимость проблемы

- Знания и умения в области суперкомпьютерных технологий (СКТ) и высокопроизводительных вычислений становятся важной квалификационной характеристикой любого современного специалиста.
- **Проблема** - определение **полного набора (Свода) знаний и умений**, которые должны быть отнесены к данной предметной области.

Требования

Свод должен быть:

- *полным*, т.е. включать в себя все основные понятия предметной области,
- *компактным* и не содержать излишние технические детали и
- *достоверным* и должен признаваться научно-техническим сообществом.

Подход

Для разработки Свода может быть применен **конструктивный** подход, в соответствии с которым:

- Свод знаний и умений определяется набором **отдельных областей знаний**, представляющих собой отдельные части определяемой сферы деятельности.
- Далее, области знаний 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 сферы деятельности.

1. Свод знаний и умений в области СКТ ...

- Разработка данного Свода проводилось в 2010-2012 гг. в рамках проекта «Создание системы подготовки высококвалифицированных кадров в области суперкомпьютерных технологий и специализированного программного обеспечения» Комиссии при Президенте РФ по модернизации и технологическому развитию экономики России (<http://hpc-education.ru>).
- Выполнение данного проекта осуществлялось Московским госуниверситетом при привлечении ведущих вузов страны (ННГУ, ТГУ, ЮУрГУ, СПбГУ ИТМО, МФТУ, ДФУ, ЮФУ) и участия многих других членов Суперкомпьютерного консорциума университетов России.

1. Свод знаний и умений в области СКТ ...

На самом верхнем уровне рассмотрения в составе Свода были выделены 5 основных областей знаний:

- Математические основы параллельных вычислений.
- Параллельные вычислительные системы (компьютерные основы).
- Технологии параллельного программирования (основы программной инженерии).
- Параллельные алгоритмы решения задач.
- Параллельные вычисления, большие задачи и конкретные предметные области.



1. Свод знаний и умений в области СКТ ...

№	Область знаний, раздел	Свод2	Свод3
1	Математические основы параллельных вычислений		
1.1	Графовые модели программ	-	-
1.2	Концепция неограниченного параллелизма	-	-
1.3	Тонкая информационная структура программ	-	-
1.4	Эквивалентные преобразования программ	-	-
1.5	Модели вычислений для компьютерных систем	+	+
1.6	Математические модели параллельных вычислений	-/+	-/+

1. Свод знаний и умений в области СКТ ...

№	Область знаний, раздел	Свод2	Свод3
2	Параллельные вычислительные системы (компьютерные основы)		
2.1	Основы машинных вычислений	-	+
2.2	Основы построения компьютерных систем	-/+	+/-
2.3	Параллельные вычислительные системы	-/+	+/-
2.4	Многопроцессорные вычислительные системы	+/-	+/-
2.5	Многопроцессорные вычислительные системы с общей памятью	-/+	+
2.6	Многопроцессорные вычислительные системы с распределенной памятью	+	+
2.7	Графические процессоры	-/+	-
2.8	Вычислительные системы транспитафлопсной и экзафлопсной производительности	-	-
2.9	Распределенные вычислительные системы	+	-/+
2.10	Проблемы функционирования суперкомпьютерных центров и центров обработки данных	-	-

1. Свод знаний и умений в области СКТ ...

3.	Технологии параллельного программирования (основы программной инженерии)		
3.1	Общие принципы разработки параллельных программ	-/+	-/+
3.2	Основы параллельного программирования	-/+	+/-
3.3	Методы и технологии разработки параллельных программ	-	+/-
3.4	Параллельные проблемно-ориентированные библиотеки и комплексы программ	-	-
3.5	Инструментальные среды для разработки параллельных программ	-	-
3.6	Методы повышения эффективности параллельных программ	-	-



1. Свод знаний и умений в области СКТ ...

4. Параллельные алгоритмы решения задач				
4.1	Общие принципы разработки параллельных алгоритмов	-/+	+/-	
4.2	Учебные алгоритмы параллельного программирования	-	+	
4.3	Параллельные алгоритмы матричных вычислений	-	+/-	
4.4	Параллельные алгоритмы сортировки и поиска данных	-/+	+	
4.5	Параллельные алгоритмы обработки графов	-/+	+	
4.6	Параллельные алгоритмы решения дифференциальных уравнений в частных производных	-	-	
4.7	Параллельные алгоритмы решения оптимизационных задач	-	-	
4.8	Параллельные алгоритмы Монте-Карло	-	-	
4.9	Параллельные алгоритмы для других классов вычислительно-трудоемких задач	-	-	

1. Свод знаний и умений в области СКТ

5.	Параллельные вычисления, большие задачи и конкретные предметные области		
5.1	Параллельные методы решения вычислительно сложных задач наук о Земле.	-	-
5.2	Параллельные методы решения вычислительно сложных задач наук о жизни	-	-
5.3	Параллельные методы решения вычислительно сложных задач инженерных расчетов	-	-
5.4	Параллельные методы решения вычислительно сложных задач квантовой химии	-	-
5.5	Параллельные методы решения задач атомистического моделирования	-	-
5.6	Параллельные методы решения вычислительно сложных задач оборонной тематики	-	-
5.7	Прямые и обратные задачи механики реагирующих сред	-	-

2. Рекомендации Computing Curricula ...

- Деятельность международных сообществ ACM (Association for Computing Machinery) и IEEE Computer Society по подготовке рекомендаций по формированию учебных планов в области Компьютинга (Computing) является хорошим примером выполнения работ по определению и постоянному отслеживанию актуальности содержания предметной области.
- Первый разработанный Свод рекомендаций в области Компьютинга был подготовлен уже в 1968 г.
- Далее были подготовлены обновленные редакции в 1978, в 1991 и в 2001 гг.
- Начиная с 2001 г. новые редакции отдельных разделов Компьютинга стали появляться почти ежегодно.

2. Рекомендации Computing Curricula ...

- Проблематика параллельных вычислений рассматривается в одной из составляющих частей Компьютинга, именуемой как Компьютерная наука (Computer Science).
- Впервые аспекты параллелизма стали упоминаться в редакции Computing Curricula от 2001 г., но и в 2001 г. и в 2008 г. параллелизм не являлся отдельной областью знаний.
- И только в 2013 г. в разрабатываемой в данный момент времени редакции рекомендаций по компьютерных наукам организуется отдельная область знаний Параллельные и Распределенные вычисления (Parallel and Distributed Computing).

2. Рекомендации Computing Curricula

В состав области знаний входят следующие разделы:

№	Раздел	Свод1	Свод3
1	Основы параллелизма (Parallelism Fundamentals).	+	+
2	Декомпозиция параллельности (Parallel Decomposition).	+	+
3	Коммуникация и координация (Communication and Coordination).	+	+
4	Параллельные алгоритмы, анализ и программирование (Parallel Algorithms, Analysis, and Programming).	+	+
5	Параллельная архитектура (Parallel Architecture).	+	+
6	Параллельная производительность (Parallel Performance).	+	+
7	Распределенные системы (Distributed Systems).	-/+	-/+
8	Облачные вычисления (Cloud Computing).	-/+	-/+
9	Формальные модели и Семантики (Formal Models and Semantics).	+/-	-/+

3. Рекомендации NSF/IEEE-TCPP ...

- Разработка по определению предметной области параллельных и распределенных вычислений была предпринята в рамках проекта, поддержанного научным фондом NSF (США) и комитетом IEEE-TCPP (Technical Committee on Parallel Programming).
- Предварительный вариант рекомендаций был подготовлен в 2010 г.
- Рабочая редакция рекомендаций была опубликована в декабре 2012 г.
- Ожидается, что после активного обсуждения окончательная версия рекомендаций будет подготовлена в 2014 г.

3. Рекомендации NSF/IEEE-TCPP ...

В рамках данного подхода выделены четыре области знаний:

- Архитектура (Architecture).
- Программирование (Programming).
- Алгоритмы (Algorithms).
- Дополнительные разделы (Cross Cutting and Advanced Topics).

3. Рекомендации NSF/IEEE-TCPP ...

Структура предметной области:

№	Область знаний, раздел	Свод1	Свод2
1.	Архитектура		
1.1	Параллелизм данных и управления	+	-/+
1.2	Общая и распределенная память	+	-/+
1.3	Иерархия памяти	+	-/+
1.4	Показатели производительности	+	-/+
1.5	Представление чисел с плавающей запятой	+	-
2.	Программирование		
2.1	Парадигмы параллельного программирования	+	-/+
2.2	Проблемы семантики и корректности	+	+
2.3	Проблемы производительности	+/-	-/+
3.	Алгоритмы		
3.1	Модели и оценки сложности	+	+/-
3.2	Алгоритмические парадигмы	+	-/+
3.3	Алгоритмические проблемы	+	-/+
4.	Дополнительные разделы (тематические группы отсутствуют)	-/+	-/+

3. Рекомендации NSF/IEEE-TCPP

Рекомендации по составу учебных курсов:

- Основные курсы:
 - Введение в программирование,
 - Методы программирования,
 - Архитектура компьютерных систем,
 - Структуры данных и алгоритмы.
- Углубленные курсы (курсы по выбору):
 - Архитектура компьютерных систем (углубленный),
 - Анализ и разработка алгоритмов,
 - Языки программирования,
 - Программная инженерия,
 - Параллельные алгоритмы,



4. Обновление учебных планов с учетом международных рекомендаций...

- Интеграции предметного содержания области СКТ с учебными планами подготовки бакалавров по образовательному направлению «Фундаментальная информатика и информационные технологии» (ФИИТ).

□ Обновлены и переработаны программы 18 учебных курсов факультета ВМК ННГУ:

1. ФИИТ_М203_ТГ. Теория графов.
2. ФИИТ_М206_ААС. Алгоритмы и анализ сложности.
- 3-4. ФИИТ_К101_МП1. Введение в методы программирования 1,2.
5. ФИИТ_К201_МП2. Методы программирования 2.
6. ФИИТ_К202_ОС. Операционные системы.
7. ФИИТ_К203_КС. Компьютерные сети.
8. ФИИТ_К206_АВС. Архитектура вычислительных систем.
9. ФИИТ_К207_ТБД. Технологии баз данных.
10. ФИИТ_К209_РСП. Методы разработки сетевых приложений на языке Java.
11. ФИИТ_К301_РП. Распределенное программирование.
12. ФИИТ_К303_СПР. Системы поддержки принятия решений.
13. ФИИТ_П101_ПП. Параллельное программирование.
14. ФИИТ_П301_ЯТ. Современные языки и технологии параллельного программирования.
15. ФИИТ_П302_ВК. Практика построения и использования кластерных систем.
16. ФИИТ_П303_ТПП. Технологии параллельного программирования.
17. ФИИТ_П305_ПНА. Программирование на новых архитектурах.
18. ФИИТ_П307_ПЧМ. Параллельные численные методы.

Выводы

- Анализ показывает, что разработанный Свод проекта суперкомпьютерного образования является более полным и во многом охватывает предложения других рассмотренных подходов.
- Тем не менее, международный опыт разработки рекомендаций является чрезвычайно полезным и обязательно должен учитываться при подготовке последующих редакций Свода.
- Необходимым является обновление учебных планов для учета международных рекомендаций.
- Кроме того, безусловно необходимым является организация взаимовыгодного взаимодействия всех профессиональных коллективов, занимающихся разработкой предложений состава предметной области СКТ.

Литература

1. Воеводин В.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. 268-274.
2. Рекомендации по преподаванию программной инженерии и информатики в университетах. М.: ИНТУИТ.РУ «Интернет-Университет Информационных технологий», 2007 (электронный вариант издания содержится на <http://se.math.spbu.ru/SE>)
3. Computing Curricula Computer Science 2008 – см.
http://www.computer.org/portal/c/document_library/get_file?p_l_id=2814020&folderId=3111026&name=DLFE-57604.pdf)
4. Computing Curricula Computer Science 2013 – см.
<http://ai.stanford.edu/users/sahami/CS2013/>
5. NSF/IEEE-TCPP Curriculum Initiative on Parallel and Distributed Computing – см.
<http://www.cs.gsu.edu/~tcpp/curriculum/>
6. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002.
7. Гергель В.П. Теория и практика параллельных вычислений. – М.: Интuit Бином. Лаборатория знаний, 2007.
8. Электронная энциклопедия по параллельным вычислениям Параллель. // Электронный ресурс <http://parallel.guru.ru>

Контакты:

Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского

Факультет вычислительной математики и
кибернетики (www.cmc.unn.ru)

Гергель Виктор Павлович

(<http://www.software.unn.ru/?dir=17>)

E-mail: gergel@unn.ru



НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. Н.И. ЛОБАЧЕВСКОГО
Национальный исследовательский университет



**НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Н.И. Лобачевского
- Национальный исследовательский университет -**

