



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

**СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ:  
международные  
рекомендации по  
составу предметной  
области**



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



# 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 сфере деятельности.



# 1. Свод знания и умения в области СКТ ...

- Разработка данного свода проводилась 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	Свод 3
1	<b>Математические основы параллельных вычислений</b>		
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
<b>2</b>	<b>Параллельные вычислительные системы (компьютерные основы)</b>		
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 транспетафлопсной и эксафлопсной 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.	<b>Технологии параллельного программирования (основы программной инженерии)</b>		
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 ...

<b>4.</b>	<b>Параллельные алгоритмы решения задач</b>		
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.	<b>Параллельные вычисления, большие задачи и конкретные предметные области</b>		
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 компьютерным 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.	<b>Архитектура</b>		
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.	<b>Программирование</b>		
2.1	Парадигмы параллельного программирования	+	-/+
2.2	Проблемы семантики и корректности	+	+
2.3	Проблемы производительности	+/-	-/+
3.	<b>Алгоритмы</b>		
3.1	Модели и оценки сложности	+	+/-
3.2	Алгоритмические парадигмы	+	-/+
3.3	Алгоритмические проблемы	+	-/+
4.	<b>Дополнительные разделы</b> (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\_РСР. 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.



## 4. Обновление учебных планов с учетом международных рекомендаций

- ❑ ННГУ включен в состав международной группы университетов, проводящих экспертную оценку и практическую апробацию рекомендаций проекта

NSF/IEEE-TCPP Curriculum Initiative.

## 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](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.: Интуит 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.ctm.unn.ru](http://www.ctm.unn.ru))

Гергель Виктор Павлович

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

E-mail: [gergel@unn.ru](mailto:gergel@unn.ru)





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



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

