

Магистерская программа "Вычислительная математика и суперкомпьютерные технологии": опыт перехода на стандарт 3++

Сысоев Александр Владимирович

к.т.н., доцент кафедры математического обеспечения и суперкомпьютерных технологий Института информационных технологий, математики и механики

Нижегородский государственный университет им. Н.И.Лобачевского
пр. Гагарина, 23, г. Нижний Новгород, 603950, (831)4623356

alexander.sysoyev@itmm.unn.ru

Шестакова Наталья Валерьевна

старший преподаватель кафедры математического обеспечения и суперкомпьютерных технологий, заместитель директора Института информационных технологий, математики и механики

Нижегородский государственный университет им. Н.И.Лобачевского
пр. Гагарина, 23, г. Нижний Новгород, 603950, (831)4623320

natalia.shestakova@itmm.unn.ru

Пирова Анна Юрьевна

преподаватель кафедры математического обеспечения и суперкомпьютерных технологий Института информационных технологий, математики и механики

Нижегородский государственный университет им. Н.И.Лобачевского
пр. Гагарина, 23, г. Нижний Новгород, 603950, (831)4623356

anna.pirova@itmm.unn.ru

Аннотация

Современная прикладная наука становится все более междисциплинарной, создавая приоритетный спрос на высококвалифицированных ученых и инженеров, способных генерировать новые идеи и передавать передовые научные разработки в промышленность. Часто прорывные результаты возникают на стыке наук в результате слаженной работы специалистов из разных предметных областей. Подготовка ученых и инженеров, способных к такой деятельности, требует разработки новых образовательных подходов. В статье описана новая магистерская программа по вычислительной технике, которая отвечает этой задаче. В статье сформулированы основные идеи, лежащие в основе программы, описан опыт перехода на ФГОС 3++, описана структура учебного плана, выделены основные дисциплины и обобщены результаты обучения за 4 года реализации программы в Нижегородском государственном университете им. Н.И.Лобачевского.

Modern applied science is becoming increasingly interdisciplinary, creating a priority demand for highly qualified scientists and engineers who are able to generate new ideas and transfer advanced scientific developments to industry. Often breakthrough results arise at the intersection of sciences as a result of the coordinated work of specialists from different subject areas. Training scientists and engineers capable of such an activity requires the development of new educational approaches. The article describes a new master's program in computer technology that meets this task. The article formulates the main ideas underlying the program, describes the experience of switching to FSES 3 ++, describes the structure of the curriculum, identifies the main disciplines and summarizes the learning outcomes for 4 years of the program at Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod.

Ключевые слова

междисциплинарная наука, магистерская программа, параллельные вычисления, высокопроизводительные вычисления, профессиональные компетенции, образование
interdisciplinary science, master's program, parallel computing, high-performance computing, professional competencies, education

Введение

В 21-м веке суперкомпьютеры играют важную роль в получении прорывных результатов в прикладной физике, химии, биологии, биомедицине и других проблемных областях. Это стало возможным благодаря значительному прогрессу, достигнутому в разработке аппаратных средств, математических моделей, вычислительных методов и технологий для параллельных вычислений, многочисленных библиотек программного обеспечения, инструментов для разработки, отладки и профилирования программного обеспечения суперкомпьютеров. Эти изменения не могли не повлиять на развитие образовательных программ, и, особенно, магистерских программ, сочетающих темы, связанные с суперкомпьютерами, с разделами фундаментальной и прикладной математики, физики и т. д.

В данной статье описывается опыт перехода на стандарт 3++ при реализации новой магистерской программы в области вычислительной техники. Направление подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика», направленность (профиль) программы магистратуры: «Вычислительные методы и суперкомпьютерные технологии». Основная цель этой программы - подготовить прикладных математиков с широким кругозором, способных работать в новых предметных областях, понять модели, используемые в этих областях, а также разработать и использовать программное обеспечение для моделирования суперкомпьютеров. Наша многолетняя практика обучения прикладных математиков и проведения междисциплинарных проектов в Нижегородском государственном университете им. Н.И.Лобачевского подтверждает, что подготовка таких специалистов не тривиальна [3]. С одной стороны, к моменту начала обучения в магистратуре у студентов должен быть хороший математический опыт. С другой стороны, они должны понимать многие аспекты компьютерной науки, такие как алгоритмы и структуры данных, системное программирование, параллельное программирование и современные инструменты разработки программного обеспечения. Программа магистратуры должна позволить студентам значительно углубить свои знания и развить свои навыки, получить опыт реальной работы в проектах в науке или наукоемкой отрасли. Так как область информационных технологий требует постоянного обновления учебных дисциплин, то переход на ФГОС 3++ позволил внести необходимые изменения в соответствии с привязкой к профессиональным стандартам.

Статья организована следующим образом. Раздел 2 содержит обзор аналогичных магистерских программ в ведущих университетах. В разделе 3 подчеркиваются основные положения, реализованные при разработке основной образовательной программы рассматриваемой магистерской программы. Раздел 4 обсуждает структуру учебного плана, дает классификацию дисциплин и формируемые компетенции. Раздел 5 содержит краткое описание нескольких дисциплин учебного плана. Раздел 6 описывает опыт реализации программы и достигнутые результаты. Раздел 7 завершает работу.

Обзор магистерских программ

Современная наука и промышленность нуждаются в специалистах, способных войти в новую проблемную область, понять и использовать ее математические модели и численные методы и эффективно реализовать их на суперкомпьютере. Подготовка специалистов в области компьютерных наук является приоритетной областью, о чем свидетельствует большое количество таких магистерских программ в ведущих университетах мира. Многие магистерские программы в области компьютерных наук ориентированы на конкретные проблемные области (вычислительная физика, вычислительная биология, вычислительная биомедицина, вычислительные финансы), ряд программ в соответствии с текущей потребностью также содержит впечатляющий набор курсов по обработке больших данных. Подробный список американских и европейских программ доступен на веб-сайте SIAM [7].

Несколько таких магистерских программ открыты в российских университетах, в частности, магистерские программы по суперкомпьютерам и приложениям [5] и вычислительным технологиям и моделированию [4] в МГУ. В первый сделан акцент на суперкомпьютерные технологии, а во второй - на математическое моделирование, выбор подходящих численных методов и их реализацию для современных компьютеров. Обе программы основаны на научной экспертизе в соответствующих проблемных областях, накопленной в МГУ (МГУ) и научно-исследовательских институтах Российской академии наук. Сопоставление дисциплин учебных планов и формируемых компетенций приведено в работе [12].

В общем, магистерские программы в области вычислительной техники включают отдельные темы математического моделирования, прикладной математики, информатики и данных. Большинство программ являются междисциплинарными и ориентированными на решение задач из различных научных областей. В этой статье мы описываем новую магистерскую программу в области вычислительных наук на основе нашего междисциплинарного исследовательского опыта и пятнадцатилетнего образования в области параллельных и распределенных вычислений. Курсы по суперкомпьютерингу изначально разрабатывались в рамках проекта «Суперкомпьютерное образование» (при поддержке Правительства Российской Федерации) [2,8] и программы национального научного фонда (NSF IEE TCPP) для параллельных и распределенных вычислений [1,6].

Разработка основной образовательной программы

Необходимые изменения при переходе с ФГОС 3++ укрупненно представлены в таблице 1:

Таблица 1

Сравнение ФГОС ВО и ФГОС 3++

По ФГОС ВО	По ФГОС 3++
Виды профессиональной деятельности: научно-исследовательская; проектная и производственно-технологическая	Типы задач профессиональной деятельности выпускников: научно-исследовательский; производственно-технологический.
Общекультурные компетенции	Универсальные компетенции

Профессиональные компетенции (по видам профессиональной деятельности)	Профессиональные компетенции – в соответствии с выбранными профессиональными стандартами
---	--

При актуализации образовательных программ с учетом профессиональных стандартов возникают проблемы, отмечаемые многими авторами [9-11, 13]. Так, профессиональные стандарты находятся в стадии становления, в части профессиональных стандартов уровень квалификации и уровень высшего образования не соответствуют рекомендуемым (не ниже 6 – уровень бакалавриата, не ниже 7 – уровень специалитета и магистратуры, не ниже 8 – кадры высшей квалификации), квалификация, присваиваемая выпускникам по результатам освоения образовательных программ и квалификация имеет отличия от квалификации в сфере труда и др. Учитывая эти факторы, при разработке образовательной программы по магистерской программе «Вычислительные методы и суперкомпьютерные технологии» авторы ориентировались не только на современные представления о существующих профессиях, актуальность, но и на прогнозные требования рынка труда в будущем, анализ международного опыта. Так как универсальные и общепрофессиональные компетенции прописаны в тексте федерального государственного стандарта [14], то основное внимание было уделено выбору профессионального стандарта и формулировке профессиональных компетенций. В качестве области профессиональной деятельности, в которой выпускники, освоившие программу магистратуры, могут осуществлять профессиональную деятельность была выбрана «Связь, информационные и коммуникационные технологии». При формулировке профессиональных компетенций был использован профессиональный стандарт «06.016 Руководитель проектов в области информационных технологий» [15]. Из этого профессионального стандарта наиболее подходящей для реализации оказалась обобщенная трудовая функция С - «Управление проектами в области ИТ любого масштаба в условиях высокой неопределенности, вызываемой запросами на изменения и рисками, и с учетом влияния организационного окружения проекта; разработка новых инструментов и методов управления проектами в области ИТ». На основе этой трудовой функции, а также учитывая анализ требований рынка труда и опыт деятельности ННГУ по подготовке магистров, были сформулированы следующие профессиональные компетенции (представлены в таблице 2):

Таблица 2

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
ПК-1 Способность разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	ПК-1.1. Знать методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач ПК-1.2. Уметь применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач
ПК-2 Способность разрабатывать и применять математические методы,	ПК-2.1. Знать типовые математические методы и методологии разработки системного и

системное и прикладное программное обеспечение для решения задач научной деятельности	прикладного программного обеспечения для решения задач научной деятельности ПК-2.2. Уметь применять типовые математические методы и методологии разработки системного и прикладного программного обеспечения для решения задач научной деятельности
ПК-3 Способность разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых задач производственно-технологической деятельности	ПК-3.1. Знать методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач ПК-3.2. Уметь применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач
ПК-4 Способность разрабатывать и применять математические методы, системное и прикладное программное обеспечение для решения задач производственно-технологической деятельности	ПК-4.1. Знать типовые математические методы и методологии разработки системного и прикладного программного обеспечения для решения производственно-технологических задач ПК-4.2. Уметь применять типовые математические методы и методологии разработки системного и прикладного программного обеспечения для решения производственно-технологических задач

Компетенции ПК-1, ПК-2 относятся к научно-исследовательскому типу задач, ПК-3, ПК-4 - к производственно-технологическому.

Структура учебного плана

Срок освоения программы магистратуры в очной форме составляет два года, четыре академических семестра. В соответствии с федеральным государственным стандартом учебный план состоит из трех блоков, блок 1 – дисциплины (модули), блок 2 – практика, блок 3 – государственная итоговая аттестация. В связи с необходимостью реализации практики, в том числе преддипломной практики, четвертый семестр освобождается от теоретического обучения, для того, чтобы студенты могли сосредоточиться на подготовке магистерской диссертации. Таким образом, все дисциплины осваиваются за три семестра. Дисциплины делятся на три категории: математика, информатика и гуманитарные науки. Выбор математических курсов определяется как наличием соответствующего опыта в ННГУ, так и потребностями областей исследований, активно развивающихся в университете. В связи с этим учебная программа включает курсы по анализу данных и машинному обучению (машинное обучение и глубокое обучение), прикладной математической статистике, различным аспектам численных методов и теории оптимизации. Набор обязательных курсов по информатике разработан таким образом, чтобы студенты приобретали

знания и навыки, необходимые для завершения выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации) и полезные для последующей профессиональной карьеры. В частности, он содержит расширенный курс по алгоритмам и структурам данных, теории и практике параллельных вычислений, а также методологии разработки гибкого программного обеспечения. Каждый семестр содержит сбалансированное количество зачетов и экзаменов.

Кроме того, в учебную программу включено большое количество дисциплин по выбору. Подобно обязательным дисциплинам, они посвящены изучению различных областей прикладной математики и информатики. В каждом из трех семестров изучение двух дисциплин является обязательным, и настоятельно рекомендуется посещать большее количество курсов. Некоторые дисциплины по выбору дополняют обязательные курсы, позволяя студентам углубляться в соответствующие области знаний в соответствии с их личными предпочтениями. Важно отметить, что учебная программа предлагает широкий выбор дисциплин по выбору, что позволяет студентам формировать индивидуальную образовательную траекторию. Возможные варианты траекторий формируют компетенции для аналитиков, которые предпочитают сосредоточиться на разработке и внедрении алгоритмов и структур данных, для будущих инженеров по анализу данных, для специалистов по эффективной реализации численных методов на современных суперкомпьютерах. Дисциплины учебного плана поддерживают и усиливают друг друга, дисциплины части, формируемой участниками образовательных отношений формируют профессиональные компетенции как для научно-исследовательского типа задач, так и для производственно-технологического. В каждом семестре предусмотрена практика, дополняющая дисциплины теоретического обучения и направленная на формирование всех компетенций, предусмотренных стандартом. Завершается обучение выполнением и защитой выпускной квалификационной работы. Далее рассмотрим структуру учебного плана по семестрам (представлена в таблицах 3-5).

Таблица 3

Дисциплины и формируемые ими компетенции (1 семестр)

Блок 1	Формируемые компетенции
Обязательная часть	
Методы вычислений	ОПК-4
Современные проблемы прикладной математики и информатики	ОПК-2
Основы организации научно-исследовательской работы	УК-2; УК-3
Часть, формируемая участниками образовательных отношений	
Машинное обучение	ПК-1; ПК-3
Прикладная математическая статистика	ПК-1; ПК-3
Дисциплины по выбору Б1.В.ДВ.1	
Введение в биоинформатику	ПК-1; ПК-3
Геометрическое моделирование	ПК-2; ПК-4
Дисциплины по выбору Б1.В.ДВ.2	
Модели выбора решений-1	ПК-1; ПК-3

Анализ производительности и оптимизация программ	ПК-2; ПК-4
--	------------

Таблица 4

Дисциплины и формируемые ими компетенции (2 семестр)

Блок 1	Формируемые компетенции
Обязательная часть	
Английский язык	УК-4
Современные проблемы прикладной математики и информатики	ОПК-2
Методы вычислений	ОПК-4
Часть, формируемая участниками образовательных отношений	
Дисциплины по выбору Б1.В.ДВ.3	
Модели выбора решений-2	ПК-1; ПК-3
Современная компьютерная графика	ПК-2; ПК-4
Дисциплины по выбору Б1.В.ДВ.4	
Программирование на скриптовых языках	ПК-2; ПК-4
Популяционная генетика	ПК-1; ПК-3
Технологии параллельного программирования – 1	ПК-2; ПК-4
Анализ и разработка алгоритмов. Дополнительные главы	ПК-1; ПК-3

Таблица 5

Дисциплины и формируемые ими компетенции (3 семестр)

Блок 1	Формируемые компетенции
Обязательная часть	
Современная философия и методология науки	УК-5; УК-6
Английский язык	УК-4
История и методология прикладной математики и информатики	УК-1
Научное программирование	ОПК-1; ОПК-3
Часть, формируемая участниками образовательных отношений	
Гибкие методики разработки программного обеспечения	УК-2; ПК-2; ПК-4
Глубокое обучение	ПК-1; ПК-3

Дисциплины по выбору Б1.В.ДВ.5	
Квантовые вычисления	ПК-1; ПК-3
Технологии параллельного программирования – 2	ПК-2; ПК-4
Графы и алгоритмы	ПК-1; ПК-3
Дисциплины по выбору Б1.В.ДВ.6	
Программирование для ускорителей	ПК-2; ПК-4
Параллельная обработка графов	ПК-1; ПК-3
Метод конечных элементов	ПК-1; ПК-3

Описание дисциплин

В этом разделе мы кратко рассмотрим содержание некоторых дисциплин учебного плана и формируемые этими дисциплинами компетенции.

Прикладная математическая статистика.

Курс предназначен для ознакомления студентов с основными методами и проблемами математической статистики и численного прикладного анализа данных. Основными темами являются следующие:

- Введение в R. Типы данных. Генерация псевдослучайных чисел с различными распределениями вероятностей. Метод Монте-Карло.
- Эмпирическое распределение вероятностей и выборочная статистика. Оценщики плотности ядра.
- Статистические гипотезы и виды ошибок. Тесты на пригодность Тесты нормальности и тесты для экспоненциального распределения.
- Доверительные интервалы. Методы получения точечных оценок.
- Тесты на параметры распределения. Лемма Неймана – Пирсона.
- Т-распределение и F-распределение.
- Непараметрические тесты на однородность и независимость. Ранговые тесты.

•Регрессивный анализ.

• Односторонний анализ отклонений.

Формируемые компетенции ПК-1, ПК-3.

Машинное обучение. Целью курса является изучение алгоритмов и методов машинного обучения, основ статистической теории Вапника–Червоненкиса, формирование навыков и умений в решении практических задач с использованием методов машинного обучения. Основными темами являются следующие:

- Примеры машинного обучения и таксономии.
- Вероятностная постановка задач обучения.
- Оценка качества обучения.
- Анализ главных компонент.
- Метод наименьших квадратов для решения задачи регрессии.
- Избыточное решение проблем регрессии и способы их предотвращения (регрессия гребня, лассо и другие методы).
- Методы ближайших соседей.
- Наивный байесовский классификатор.
- Линейный и квадратичный дискриминантный анализ.

- Нейронные сети. Введение в глубокое обучение.
 - Машина опорных векторов.
 - Деревья решений.
 - Ансамбли деревьев решений..
 - Предварительная обработка, работа с категориальными функциями, с отсутствующими значениями, балансировка наборов данных.
 - Кластеризация.
 - Основы теории Вапника–Червоненкиса.
- Формируемые компетенции ПК-1, ПК-3.

Современные проблемы прикладной математики и информатики (часть 1).
Целью курса является изучение передовых структур данных и алгоритмов, понимание методов оценки сложности алгоритмов. Основные темы:

- Анализ сложности.
- Приоритетные очереди и их приложения.
- Непересекающиеся множества и их приложения.
- Поиск деревьев и их приложений.

Формируемые компетенции - ОПК-2. «Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач».

Методы вычислений (часть 1: Параллельные вычисления). Целью дисциплины является изучение математических моделей, методов и технологий параллельного программирования для суперкомпьютеров. Изложенная совокупность знаний и навыков составляет теоретическую основу для разработки методических программ. Курс поддерживается передовой лабораторной практикой.

Основные разделы курса:

- Введение в параллельную обработку данных. Параллельность и параллелизм.

- Обзор современных параллельных вычислительных систем. Классификация и оценка эффективности.

- Концепции многоядерных и многопроцессорных вычислительных систем с общей и распределенной памятью.

- Метрики производительности параллельных вычислений: ускорение, эффективность, масштабируемость. Модель вычисления в виде графа «операции-операнды».

- Анализ вычислительной модели: определение времени выполнения параллельного алгоритма, оценка максимально достижимого ускорения, выбор метода распределения вычислительной нагрузки, методы оценки эффективности масштабирования параллельных алгоритмов.

- Введение в MPI.

- Передача данных в MPI. Двухточечные и коллективные операции. Сокращения.

- Типы операций отправки / получения. Сбор и распространение данных. Организация асинхронных схем вычислений.

- Типы данных MPI. Виртуальные топологии.

- Параллельное программирование в системах с общей памятью. Введение в OpenMP.

Методы вычислений (часть 2: Параллельные численные методы). Задачами курса являются изучение основных числовых алгоритмов, а также обсуждение методов их распараллеливания. Курс включает в себя изучение следующих основных тем:

- Элементы арифметики с плавающей точкой.
- Прямые методы решения SLAE и их распараллеливание.
- Итерационные методы решения СЛАУ и их распараллеливания.

- Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и их распараллеливание.

- Методы решения дифференциальных уравнений в частных производных и их распараллеливание.

- Параллельные методы Монте-Карло.

Формируемые компетенции - ОПК-4. «Способен комбинировать и адаптировать существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности».

Современные проблемы прикладной математики и информатики (часть 2). Целью курса является изучение вычислительных методов и подходов, которые часто используются при решении прикладных задач физики и математической биологии. Курс включает в себя изучение следующих основных тем:

- Устойчивые состояния и теория устойчивости.
- Бифуркации.
- Численное интегрирование динамических систем.
- Флоке-анализ линейных неавтономных консервативных систем.
- Хаотическая динамика.

Формируемые компетенции - ОПК-2.

Глубокое обучение. Содержание дисциплины направлено на изучение современных методов анализа данных и формирование навыков решения актуальных современных задач. Курс включает в себя следующие основные темы:

- Введение в глубокое обучение.
- Многослойные полностью связанные нейронные сети.
- Обзор библиотек программного обеспечения для глубокого обучения.

Развитие нейронной сети, логистическая регрессия. Проблема распознавания рукописных номеров.

- Сверточные нейронные сети.
- Визуализация фильтров / выходов на промежуточных сетевых уровнях.
- Периодические нейронные сети.
- обучение без учителя.
- Передача обучения глубоким нейронным сетям.

Формируемые компетенции ПК-1, ПК-3.

Гибкая разработка программного обеспечения. Цели курса - изучение методов проектирования и разработки программного обеспечения, а также организация программных проектов в условиях неясных или быстро меняющихся требований. Курс включает в себя изучение следующих основных тем:

- Введение в гибкую разработку программного обеспечения. Определение, манифест и основные черты гибких методологий.

- Написание и поддержание чистого кода. Ключевые понятия качества кода.
- Рефакторинг.

- Разработка через тестирование. Концепция, цикл разработки.
- методология Scrum. Спринт-схема. Роль мастера Scrum и владельца продукта. Скрам артефакты и практики.

- Дизайн уровня представления (шаблон Model-View-ViewModel). Типичные проблемы с пользовательским интерфейсом. Диаграмма MVVM и MVP.

- Методология экстремального программирования (XP). XP ценности и практики. Парное программирование. Выгоды. Стратегия управления. Стратегия кодирования.

- Принципы объектно-ориентированного программирования. ТВЕРДЫЕ принципы. Закон Деметры. Стандарты программирования C++.

- Шаблон и схема доменно-управляемого проектирования (DDD). Применение DDD.

- Разработка уровня доступа к данным. Типичные проблемы архитектуры при отсутствии уровня доступа к данным. Как организовать слой доступа к данным. Выгоды.

Формируемые компетенции ПК-1, ПК-3.

Научное программирование. Цель данной дисциплины состоит в изучении продвинутого уровня языка программирования Python и его приложений в научных задачах в объеме, достаточном для успешного начала работ в области научного программирования. Излагаемый набор знаний и умений составляет теоретическую основу для методов разработки решений задач, возникающих в ходе научных исследований и их программной реализации. Изучение курса поддерживается лабораторным практикумом.

Формируемые компетенции - ОПК-3 «Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности».

Анализ производительности и оптимизация программ. Цель данной дисциплины – дать общее представление и сформировать навыки оптимизации программного обеспечения (ПО) с точки зрения сокращения времени работы, изучить аспекты производительности в базовых алгоритмах и структурах данных, изучить специализированное ПО, предназначенное для профилировки и оптимизации ПО

Формируемые компетенции ПК-2, ПК-4.

Опыт реализации

Обсуждаемая магистерская программа является одной из четырех программ в области прикладной математики и информатики в нижегородском государственном университете им. Н.И.Лобачевского. После поступления зачисленные студенты встречаются с потенциальными научными руководителями и знакомятся с возможными темами работы. Студенты, которые ранее учились в Институте информационных технологий, математики и механики, часто продолжают свою научную работу, ранее начатую на уровне бакалавриата.

Большинство выпускных квалификационных работ студентов относятся к одной из трех областей, примерно в равных долях. Таким образом, первая группа связана с вычислительной биомедициной. Проекты по этой теме сочетают использование алгоритмов и методов вычислительной математики и вычислительной биологии, компьютерной графики и научной визуализации, анализа больших гетерогенных наборов данных и параллельных вычислений. Исследования в этой области проводятся в тесном сотрудничестве с другими университетами и медицинскими учреждениями (Городская клиническая больница № 5, Специализированная кардиохирургическая клиническая больница и другие). Оттуда поступают анонимные медицинские данные для анализа, визуализации и классификации, также предоставляется экспертиза полученных результатов.

Вторая группа дипломных проектов посвящена проблемам вычислительной физики, в частности суперкомпьютерному моделированию лазерной плазмы, неравновесным квантовым системам и другим областям. Эти дипломы осуществляются в тесном сотрудничестве с коллегами из ННГУ, Института прикладной физики РАН, Института физики микроструктур РАН, Технологического университета Чалмерса, Аугсбургского университета и других исследовательских центров. Студенты готовят свои магистерские диссертации в междисциплинарных исследовательских группах. Физики занимаются постановкой задач, выбором методов исследования и интерпретацией результатов. Студенты вместе с руководителями используют свой опыт в численных методах и использовании технологий параллельных вычислений для проектирования, разработки и применения

программного обеспечения суперкомпьютера. Такое взаимодействие при правильной организации труда неоднократно доказывало свою эффективность и приводило к получению новых физических результатов.

Третье направление для реализации дипломных проектов объединяет работу по разработке параллельных алгоритмов для решения задач глобальной оптимизации, разреженной алгебры и других. В рамках этого направления студенты разрабатывают новые параллельные алгоритмы, учатся разрабатывать программные средства, которые эффективно используют современные системы суперкомпонентов. Лучшие студенты активно публикуются и участвуют в международных конференциях по суперкомпьютерным и вычислительным наукам. Некоторые из них достигают значительных успехов, выполняя дипломные работы по прикладным темам, разработанным в ведущих ИТ-компаниях, офисы которых расположены в Нижегородской области. Статистика занятости после окончания учебного заведения показывает, что около 20% студентов работают в университетах и исследовательских центрах, другие студенты работают инженерами по разработке программного обеспечения в области глубокого обучения, компьютерного зрения, компьютерного проектирования и других проблемных областей в Яндексе, Intel, и других высокотехнологичных компаниях.

Заключение

Магистерская программа по вычислительной науке реализуется в Институте информационных технологий, математики и механики ННГУ с 2015 года. Большинство студентов обучаются по программе, получив степень бакалавра в области прикладной математики или фундаментальной информатики и информационных технологий. Существенную роль в привлекательности программы играет большое количество дисциплин по выбору, что дает возможность выбрать индивидуальную образовательную траекторию. Это позволяет нам привлекать студентов с достаточно хорошим опытом в математике и программировании. Студенты, зачисленные в программу за последние три года, продемонстрировали хороший прогресс в плане их успешного участия в научных и промышленных проектах в ННГУ и крупных высокотехнологичных компаниях. Авторы программы считают, что привлечение студентов к исследовательским проектам на протяжении всего их образования играет ключевую роль в их профессиональном развитии и формировании профессиональных компетенций.

Одним из перспективных направлений дальнейшего развития этой магистерской программы является организация новой образовательной траектории в вычислительной биологии. Эта работа запланирована в мегагранте «Цифровая персонализированная медицина здорового старения (СРМ-старение): сетевой анализ больших мультиомных данных для поиска новых диагностических, предиктивных и терапевтических целей», который внедряется в ННГУ. Ожидается, что набор дисциплин по выбору будет расширен новыми дисциплинами в соответствии с целями текущего проекта. Возможно, что и набор профессиональных стандартов, на которые ориентирована данная программа, будет расширен и набор профессиональных компетенций получит дальнейшее развитие.

Литература

1. Gergel, V., Liniov, A., Meyerov, I., Sysoyev, A.: NSF/IEEE-TCPP curriculum implementation at University of Nizhni Novgorod. In: Proceedings of Fourth NSF/TCPP Workshop on Parallel and Distributed Computing Education, pp. 1079–1084. IEEE (2014).
2. Meyerov, I., Bastrakov, S., Sysoyev, A., Gergel, V.: Comprehensive Collection of Time-Consuming Problems for Intensive Training on High Performance Computing. In: Russian Supercomputing Days 2019, ICCS, vol. 965, pp. 523–530. Springer, Cham (2019).
3. Meyerov I., Sysoyev A., Pirova A., Shestakova N., Ivanchenko M. Bridging the Gap between Applications and Supercomputing: a New Master's Program in Computational Science // Supercomputing. 5th Russian Supercomputing Days, RuSCDays 2019, Moscow, Russia, September 23–24, 2019, Revised Selected Papers (in press).
4. MSU. The Master's program Computational Technologies and Simulation. <http://master.cmc.msu.ru/?q=node/2517>, last accessed 2019/03/01.
5. MSU. The Master's program Supercomputers and Applications, <http://master.cmc.msu.ru/?q=node/2536>, last accessed 2019/03/01.
6. Prasad, S.K., et al.: NSF/IEEE-TCPP curriculum initiative on parallel and distributed computing – core topics for undergraduates, Version I (2012), <https://grid.cs.gsu.edu/~tcpp/curriculum/?q=home>, last accessed 2019/03/01.
7. SIAM. Graduate and Undergraduate Programs in Computational Science, <https://www.siam.org/Students-Education/Resources/For-Graduate-Students/Detail/graduate-and-undergraduate-programs-in-computational-science>, last accessed 2019/03/01.
8. Voevodin, V., Gergel, V., Popova, N.: Challenges of a systematic approach to parallel computing and supercomputing education. In: Hunold, S., et al. (eds.) Euro-Par 2015, LNCS, vol. 9523, pp. 90–101. Springer, Cham (2015).
9. Захарова И.В., Кузенков О.А. Опыт актуализации образовательных стандартов высшего образования в области ИКТ // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2017 № 4. Т. 13.. С. 46-57.
10. Захарова И.В., Кузенков О.А. Опыт реализации требований образовательных и профессиональных стандартов в области ИКТ в российском образовании // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2016. Т. 12. № 3-1. С. 17-31.
11. Пилипенко С.А., Жидков А.А., Караваева Е.В., Серова А.В. Сопряжение ФГОС и профессиональных стандартов: выявленные проблемы, возможные подходы, рекомендации по актуализации // Высшее образование в России, 2016, №6 (202) С.5-15.
12. Парчевская Л.Н., Тихомиров В.В. О магистерской образовательной деятельности на факультете вычислительной математики и кибернетики МГУ имени М.В. Ломоносова // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2016. Т. 12. № 4. С. 25-32
13. Шехонин А.А., Тарлыков В.А., Вознесенская А.О., Бахолдин А.В. Гармонизация квалификаций в системе высшего образования и в сфере труда // Высшее образование в России. 2017. № 11 (217). С. 5-11.
14. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика», утвержденный приказом Минобрнауки России от 10 января 2018 года № 13, регистрационный №49939 от 06 февраля 2018 года http://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS%20VO%203++/Mag/010402_M_3_13022018.pdf

15. Профессиональный стандарт 06.016 Руководитель проектов в области информационных технологий регистрационный №154, утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 18 ноября 2014 г. N 893н, <http://fgosvo.ru/uploadfiles/profstandart/06.016.pdf>.