Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
ФИЛИАЛ МГУ В Г. ДУБНЕ

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора

филиала МГУ в г. Дубне

_____ / Э.Э. Боос /

«01» сентября 2025г.



Программа реализации блока

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ИТОГОВАЯ АТТЕСТАЦИЯ

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки / специальность:

01.04.02 «Прикладная математика и информатика»

Направленность (профиль) ОПОП:

Методы и технологии обработки данных в гетерогенных вычислительных средах

Форма обучения:

очная

Дубна 2025

Программа разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 01.04.02 "Прикладная математика и информатика"

1. Наименование: Государственная итоговая аттестация

2. Уровень высшего образования: магистратура

3. Направление подготовки: 01.04.02 Прикладная математика и информатика

Профиль программы:

реализуется для следующих магистерских программ в рамках направления подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика:

- "Большие данные: инфраструктуры и методы решения задач"
- "Программное обеспечение вычислительных сетей"
- "Высокопроизводительные вычисления и суперкомпьютерные технологии"
- "Прикладные интернет-технологии"
- "Суперкомпьютерные технологии моделирования Земной системы"
- «Интеллектуальные технологии в медицине»
- «Методы и технологии обработки данных в гетерогенных вычислительных средах»

4. Место дисциплины в структуре ООП: базовая часть ОПОП, блок 3 «Государственная итоговая аттестация, 4 семестр (очная форма обучения).

5. Перечень компетенций, которыми должен овладеть обучающийся в результате освоения образовательной программы:

Выпускник, освоивший программу магистратуры, должен обладать следующими **универсальными компетенциями:**

Наименование категории (группы) универсальных компетенций	Код и наименование универсальной компетенции выпускника	Код и наименование индикатора достижения универсальной компетенции
Группа компетенций НАУЧНОЕ МЫШЛЕНИЕ	УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий, формулировать научно обоснованные гипотезы, применять методологию научного познания в профессиональной деятельности.	УК-1.1 Осуществляет критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывает стратегию действий, формулирует научно обоснованные гипотезы, применяет методологию научного познания в профессиональной деятельности УК-1.2 Разрабатывает общую стратегию решения поставленной задачи

	УК-2. Способен использовать философские категории и концепции при решении социальных и профессиональных задач	УК-2.1. - Использует основные философские категории и концепции при решении социальных и профессиональных задач
Группа компетенций РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТОВ	УК-3. Способен разрабатывать, реализовывать и управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла, предусматривать и учитывать проблемные ситуации и риски проекта.	УК-4.1. – Предлагает последовательность действий при реализации проекта УК-4.2. - Реализует на практике план проекта УК-4.3. - Критически анализирует результаты выполнения проекта
Группа компетенций КОМАНДНАЯ РАБОТА И ЛИДЕРСТВО	УК-4. Способен организовывать и осуществлять руководство работой команды (группы), вырабатывая и реализуя командную стратегию для достижения поставленной цели.	УК-5.1. - Организовывает и осуществляет руководство работой команды (группы), вырабатывает и реализует командную стратегию для достижения поставленной цели
Группа компетенций КОММУНИКАЦИЯ И МЕЖКУЛЬТУРНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ	УК-5. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном языке (иностранных языках), для академического и профессионального взаимодействия.	УК-6.1. – Осуществляет письменную и устную коммуникацию на иностранном языке в профессиональной сфере УК-6.2. Ведет деловую переписку на русском языке с учетом особенностей стилистики официальных и неофициальных писем
	УК-6. Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия	УК-11.1. - Анализирует и учитывает разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
Группа компетенций САМООРГАНИЗАЦИЯ И САМОРАЗВИТИЕ	УК-7. Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки, формировать приоритеты личностного и профессионального развития	УК-12.1. - Критически анализирует собственный интеллектуальный потенциал, оценивает возможные направления саморазвития УК-12.2 Выстраивает профессиональную траекторию на основе адекватной самооценки

Выпускник, освоивший программу магистратуры должен обладать следующими **общепрофессиональными компетенциями:**

Код и наименование общепрофессиональной компетенции выпускника	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
ОПК-1. Способен формулировать и решать актуальные задачи в области фундаментальной и прикладной математики.	ОПК-1.1 – Собирает литературные данные для решения поставленной задачи с использованием баз данных профессионального назначения ОПК-1.2 Проводит разработку математических моделей, алгоритмов и программных систем в области профессиональной деятельности, с использованием современного программного обеспечения, в том числе суперкомпьютерных технологий и технологий искусственного интеллекта ОПК-1.3 Проводит научные исследования для решения поставленной задачи в соответствии с разработанным планом
ОПК-2. Способен совершенствовать и реализовывать новые математические и компьютерные методы решения прикладных задач.	ОПК-2.1. Совершенствует новые математические и компьютерные методы решения прикладных задач для решения задач профессиональной деятельности; ОПК-2.2. Использует современное программное обеспечение, в том числе отечественного происхождения, для решения задач профессиональной деятельности
ОПК-3. Способен создавать и анализировать математические модели профессиональных задач, учитывать ограничения и границы применимости моделей, интерпретировать полученные математические результаты	ОПК-3.1. Создает и анализирует математические модели профессиональных задач ОПК-3.2. Умеет учитывать ограничения и границы применимости моделей, интерпретировать полученные математические результаты
ОПК-4. Способен комбинировать и адаптировать современные информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности.	ОПК-4.1. - уметь комбинировать и адаптировать современные информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности ОПК-4.2. - иметь практический опыт применения современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности.
ОПК-5. Способен представлять результаты профессиональной деятельности в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе.	ОПК-5.1. Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке ОПК-5.2. Представляет результаты работы в виде тезисов доклада на русском и английском языке в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе ОПК-5.3. Готовит презентацию по теме работы и представляет ее на русском и английском языках

Профессиональные компетенции выпускника, освоившего программу магистратуры

Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности:

Код и наименование профессиональной компетенции выпускника	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
ПК-1. Способен в рамках задачи, поставленной специалистом более высокой квалификации, определять теоретическую основу и методологию исследования, разрабатывать план исследования в области прикладной математики и информатики.	ПК-1.1. Осуществляет поиск и критический анализ научной информации в рамках задачи, поставленной специалистом более высокой квалификации ПК-1.2. Имеет практический опыт определения теоретической основы и методологии исследования, разработки плана исследования в области прикладной математики и информатики
ПК-2. Способен в рамках задачи, поставленной специалистом более высокой квалификации, проводить научные исследования и (или) осуществлять разработки в области прикладной математики и информатики с получением научного и (или) научно-практического результата;	ПК-2.1. Использует знание проводить научные исследования и (или) осуществлять разработки в области прикладной математики и информатики, методов математического моделирования и искусственного интеллекта для анализа и разработки и использования математических и программных моделей ПК-2.2. Решает задачи с получением научного и (или) научно-практического результата с применением математического моделирования, информационных технологий и систем искусственного интеллекта
ПК-3. Способен готовить отдельные документы, связанные с проводимой научно-исследовательской работой.	ПК-3.1. Составляет и оформляет согласно требованиям ГОСТ отчеты по результатам НИР ПК-3.2. Составляет обзоры литературы по тематике научных проектов, готовит материал для включения в заявки на финансирование НИР

6. Объем в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы:

Объем государственной итоговой аттестации составляет 9 зачетных единиц, в том числе 6 зачетные единицы - подготовка и защита выпускной квалификационной работы, 3 зачетные единицы - подготовка и сдача государственного экзамена.

7. Входные требования для прохождения итоговой государственной аттестации:

к государственной итоговой аттестации допускается обучающийся, не имеющий академической задолженности и в полном объеме выполнивший учебный план или индивидуальный учебный план по соответствующей образовательной программе высшего образования.

8. Содержание государственной итоговой аттестации:

государственная итоговая аттестация обучающихся организаций проводится в форме: государственного междисциплинарного экзамена по программе магистратуры, а также защиты выпускной квалификационной работы.

А. Программа государственного экзамена:

Государственный междисциплинарный экзамен носит комплексный характер, проводится по одной или нескольким дисциплинами (или) модулям образовательной программы, результаты освоения которых имеют определяющее значение для профессиональной деятельности

выпускников.

Б. Программа выпускной квалификационной работы:

Выпускная квалификационная работа представляет собой выполненную обучающимся письменную работу, демонстрирующую уровень подготовленности выпускника к самостоятельной профессиональной деятельности. Защита выпускной квалификационной работы представляет собой выступление обучающегося с устным докладом перед государственной экзаменационной комиссией, об основных результатах подготовленной выпускной квалификационной работы.

9. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающегося к подготовке к государственной итоговой аттестации:

А. Подготовка к государственному экзамену:

Государственный междисциплинарный экзамен проводится в устной форме. В ходе государственного междисциплинарного экзамена обучающийся должен ответить на поставленные в экзаменационном билете вопросы, разработанные в соответствии с программой проведения государственного междисциплинарного экзамена по соответствующей программе магистратуры (см. Приложение).

Б. Подготовка выпускной-квалификационной работы:

Подготовка выпускной-квалификационной работы (магистерской диссертации):

Требования к оформлению выпускной квалификационной работы:

Результатом научно-исследовательской деятельности обучающегося является выпускная квалификационная работа, выполненная в соответствии с «Требованиями к выпускной квалификационной работе студента механико-математического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова» (утверждены на Ученым советом механико-математического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова 24 ноября 2017 г.).

Типовые вопросы к защите выпускной квалификационной работы:

- Обоснуйте актуальность темы выпускной квалификационной работы.
- Каковы основные алгоритмы и теоремы, которые Вы использовали в Вашей работе?
- Пришлось ли Вам в ходе выполнения работы самостоятельно доказывать правильность, корректность алгоритмов и программ, если да – приведите примеры.
- В чем состоит практическая значимость, выполненной выпускной квалификационной работы?
- В чем новизна результатов работы?
- Сформулируйте цели и задачи выпускной квалификационной работы.

10. Фонд оценочных средств государственной итоговой аттестации:

Критерии и процедуры оценивания обучающегося на государственной итоговой аттестации:

А. Критерии оценивания на государственном междисциплинарном экзамене:

Для оценки готовности выпускника к видам профессиональной деятельности и степени сформированности компетенций государственная экзаменационная комиссия заслушивает устный ответ обучающегося на вопросы, представленные в экзаменационном билете.

Оценка «отлично» ставится если:

- ответы на поставленные вопросы в билете излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений. Делаются обоснованные выводы;

- демонстрируются глубокие знания в области фундаментальных основ прикладной математики и информатики;

- ответ формулируется развернуто и уверенно, содержит четкие формулировки определений и теорем.

Оценка «хорошо» ставится, если:

- ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно;
- материал излагается уверенно;
- экзаменуемый обнаруживает твёрдое знание программного материала;
- ответ демонстрирует способность магистранта применять знание теории к решению задач профессионального характера.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если:

-допускаются нарушения в последовательности изложения;

-демонстрируется поверхностное знание вопроса;

-имеются затруднения с выводами;

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если:

материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний;

обучающийся не понимает сущности процессов и явлений.

Б. Критерии оценивания выпускной квалификационной работы:

Для оценки готовности выпускника к видам профессиональной деятельности и степени сформированности компетенций, государственная экзаменационная комиссия заслушивает выступление обучающегося о подготовленной выпускной квалификационной работе.

оценка «отлично» выставляется за глубокое раскрытие темы, качественное оформление работы, содержательность доклада и презентации;

оценка «хорошо» выставляется при соответствии вышеперечисленным критериям, но при наличии в содержании работы и её оформлении небольших недочётов или недостатков в представлении результатов к защите;

оценка «удовлетворительно» выставляется за неполное раскрытие темы, выводов и предложений, носящих общий характер, отсутствие наглядного представления работы и затруднения при ответах на вопросы;

оценка «неудовлетворительно» выставляется за слабое и неполное раскрытие темы, несамостоятельность изложения материала, выводы и предложения, носящие общий характер, отсутствие наглядного представления работы и ответов на вопросы.

Оценочные средства государственной итоговой аттестации

Показатели достижения результатов обучения при прохождении государственной итоговой аттестации, обеспечивающие определение соответствия (или несоответствия) индивидуальных результатов государственной итоговой аттестации студента поставленным целям и задачам (основным показателям оценки результатов итоговой аттестации) и компетенциям, приведены в таблице.

Код и Наименование компетенции	Сформированные компетенции и показатели оценки результатов	
	Государственный экзамен	Подготовка и защита ВКР
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий, формулировать научно обоснованные гипотезы, применять методологию научного познания в профессиональной	Экзаменационный билет	Подготовка и защита ВКР, раздел в ВКР

деятельности.		
УК-2. Способен использовать философские категории и концепции при решении социальных и профессиональных задач	Экзаменационный билет	Подготовка и защита ВКР, раздел в ВКР
УК-3. Способен разрабатывать, реализовывать и управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла, предусматривать и учитывать проблемные ситуации и риски проекта.		Подготовка и защита ВКР, раздел в ВКР
УК-4. Способен организовывать и осуществлять руководство работой команды (группы), вырабатывая и реализуя командную стратегию для достижения поставленной цели.		Подготовка и защита ВКР, раздел в ВКР
УК-5. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном языке (иностранных языках), для академического и профессионального взаимодействия.		Подготовка и защита ВКР, раздел в ВКР
УК-6. Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия		Подготовка и защита ВКР, раздел в ВКР
УК-7. Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки, формировать приоритеты личностного и профессионального развития		Подготовка и защита ВКР, раздел в ВКР
ОПК-1. Способен формулировать и решать актуальные задачи в области фундаментальной и прикладной математики.	Экзаменационный билет	Подготовка и защита ВКР
ОПК-2. Способен совершенствовать и реализовывать новые математические и компьютерные методы решения прикладных задач.	Экзаменационный билет	Подготовка и защита ВКР
ОПК-3. Способен создавать и анализировать математические модели профессиональных задач, учитывать ограничения и границы применимости моделей, интерпретировать полученные математические результаты	Экзаменационный билет	Подготовка и защита ВКР
ОПК-4. Способен комбинировать и адаптировать современные информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности.	Экзаменационный билет	Подготовка и защита ВКР
ОПК-5. Способен представлять результаты профессиональной деятельности в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе.	Экзаменационный билет	Подготовка и защита ВКР
ОПК-1. Способен формулировать и решать актуальные задачи в области фундаментальной и прикладной математики.	Экзаменационный билет	Подготовка и защита ВКР
ПК-1. Способен в рамках задачи, поставленной специалистом более высокой квалификации, осуществлять поиск, критический анализ и обобщение	Экзаменационный билет	Подготовка и защита ВКР

научной информации по тематике исследования в области информатики и информационно-коммуникационных технологий.		
ПК-2. Способен в рамках задачи, поставленной специалистом более высокой квалификации, проводить научные исследования и (или) осуществлять разработки в области информатики и информационно-коммуникационных технологий с получением научного и (или) научно-практического результата;	Экзаменационный билет	Подготовка и защита ВКР
ПК-3. Способен составлять отчет о выполненной работе по заданной форме.	Экзаменационный билет	Подготовка и защита ВКР

ПРИЛОЖЕНИЕ

ПРОГРАММА ПРОВЕДЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО ЭКЗАМЕНА

Магистерская программа Программное обеспечение вычислительных сетей.

1. Концепция Глобальной информационной инфраструктуры (GII)
2. Соглашение и спецификация сервиса сетевых протоколов (Рекомендация X210)
3. Алгоритмы планирования процессов в современных ОС.
4. Методы синхронизации процессов и методы предотвращения тупиковых ситуаций в операционных системах.
5. Классификации архитектур вычислительных систем. Способы организации высокопроизводительных систем и основные принципы функционирования. Характеристики производительности, реальная и пиковая производительность, ускорение и эффективность.
6. Основные средства разработки для систем с общей и распределенной памятью. Основные характеристики пакетов OpenMP, Posix Threads, MPI, поддержка многопоточности в современном C++.
7. Эталонная модель Взаимодействия Открытых Систем (OSI). Функции уровней. Функции подуровня управления доступом к среде в многоабонентской сети. Назначение устройств объединения сетей: концентраторов, мостов, коммутаторов, маршрутизаторов.
8. Маршрутизация в глобальной компьютерной сети Интернет. Таблицы маршрутизации. Методы продвижения дейтаграмм (Forwarding). Задача выбора маршрутов (Routing): основные алгоритмы, их достоинства и недостатки.
9. Базы данных: Нормальные формы
10. Базы данных: Уровни изоляции транзакций
11. HTTP протокол: структура, команды, заголовки, поддержка сессий.
12. Java servlets: модель, жизненный цикл, контейнеры, основные классы.
13. Средства нотации языка UML для описания статической структуры модели системы (Static Structure diagram). Классификаторы на диаграмме статической структуры.
14. Стереотипы как средства расширения языка UML. Стереотипы и значения с тегами как средство расширения языка UML.
15. Представление атрибутов и операций классификаторов. Свойства классификаторов, свойства атрибутов и операций.
16. Типы данных языка UML. Параметризованные и порожденные классы.
17. Структурирование модели системы на пакеты, модели и подсистемы.

18. Представление обозначений нотации языка UML для классификаторов с помощью конструкций языков C++, C#, Java.

19. Метамодель языка UML 2.0. Моделирование отношения "владелец-собственность" с помощью базового класса метамодели Element.

20. Моделирование направленных отношений с помощью класса метамодели DirectedRelationship.

21. Основные понятия и определения, относящиеся к информационной безопасности. Алгоритмы симметричного шифрования.

22. Криптография с открытым ключом. Основные способы использования алгоритмов с открытым ключом. MAC и способы обеспечения целостности сообщения. Алгоритмы RSA и Диффи-Хеллмана. Инфраструктура открытого ключа.

23. Основные уязвимости в веб-приложениях и способы их предотвращения.

24. Основные понятия и примеры прикладных задач машинного обучения. Постановка задачи классификации и регрессии. Основные методы классификации и регрессии: линейные модели регрессии и классификации, логистическая регрессия, нейронные сети, метрические методы, метод опорных векторов. Критерии выбора моделей и отбора признаков.

25. Методы ансамблирования в машинном обучении: бэггинг и бустинг, примеры алгоритмов. Алгоритмы машинного обучения без учителя. Постановка задачи кластеризации. Алгоритм k-средних и EM-алгоритм.

Программа госэкзамена по направлению 01.04.02 ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И ИНФОРМАТИКА

(общая часть для программ Прикладные интернет-технологии, Большие данные, Высокопроизводительные вычисления)

1. Модель цепной реакции в диффузионном приближении. Расчет критической массы реактора.

2. Модель Лотки-Вольтерра. Периодические колебания численности популяций.

3. Раскраски графов, хроматическое число графа. Критерий двухцветности графа. Теорема об оценке хроматического числа графа. Теорема Брукса (только формулировка). ([1] стр. 152-153, 32)

4. Наследственные свойства графов. Теорема об оценке наибольшего числа ребер в графе с наследственным свойством. Теорема о наибольшем числе ребер в графе без треугольников. Теорема Турана (только формулировка). [1] (Литература. Харари Ф. Теория графов. М.: Мир, 1973.)

5. Симплекс-метод для канонической задачи линейного программирования: идея метода и ее реализация, выбор стартовой угловой точки. См. материалы курса на сайте

6. Итерационные методы минимизации: скорейшего спуска, проекции градиента и Ньютона. См. материалы курса на сайте

7. Алгоритмы планирования процессов в современных ОС.

8. Методы синхронизации процессов и методы предотвращения тупиковых ситуаций в операционных системах.

9. Классификации архитектур вычислительных систем. Способы организации высокопроизводительных систем и основные принципы функционирования. Характеристики производительности, реальная и пиковая производительность, ускорение и эффективность.

10. Основные средства разработки для систем с общей и распределенной памятью. Основные характеристики пакетов OpenMP, Posix Threads, MPI, поддержка многопоточности в современном C++.

11. Эталонная модель Взаимодействия Открытых Систем (OSI). Функции уровней. Функции подуровня управления доступом к среде в многоабонентской сети. Назначение устройств объединения сетей: концентраторов, мостов, коммутаторов, маршрутизаторов.

12. Маршрутизация в глобальной компьютерной сети Интернет. Таблицы маршрутизации. Методы продвижения дейтаграмм (Forwarding). Задача выбора маршрутов (Routing): основные алгоритмы, их достоинства и недостатки.

Магистерская программа Прикладные интернет-технологии. Дополнительная часть.

1. Типы веб-ресурсов.
2. Языки разметки для описания веб-ресурсов.
3. Каскадные таблицы стилей для формирования веб-страниц.
4. Семейство протоколов TCP/IP.
5. Методы проекирования коммерческих веб-ресурсов.
6. Основные этапы конструирования веб-ресурсов.
7. Веб-серверы.
8. Технологии программирования веб-приложений.
9. Веб-сервисы.
10. Инструментальные средства конструирования веб-ресурсов.

Литература

1. Полонская Е.Л. Язык HTML. СПб.: Диалектика, 2003.
2. Пауэлл Т. Web-дизайн. - СПб.: БХВ-Петербург, 2004.
3. Танненбаум Э. Компьютерные сети. СПб.: Питер, 2005.
4. Успенский И. Интернет как инструмент маркетинга. СПб.: БХВ-Петербург, 2006.
5. Силва С. Администрирование веб-серверов. М.:Кудиц-Образ, 2004.

6. Вейтман В. Программирование для Web. М.: Издательский дом "Вильямс", 2000.
7. Ньюкомер З. Веб-сервисы: XML, WSDL, SOAP и UDDI. СПб.: Питер, 2003.

Магистерская программа Высокопроизводительные вычисления и суперкомпьютерные технологии. Дополнительная часть.

1.Методы статической и динамической балансировки загрузки процессоров: сдваивания, геометрического параллелизма, коллективного решения, конвейерного параллелизма, диффузной балансировки загрузки.

2. Декомпозиция расчетных сеток: критерии и методы.

3. Параллельные алгоритмы сортировки данных.

4. Параллельные алгоритмы обработки графов. Алгоритм Беллмана-Форда, алгоритм дельта-степпинга, алгоритм Борувки, Лувенский алгоритм, алгоритм распространения метки, алгоритм Брандеса.

5. Два режима работы НС (обучение, вычисление): цель и основные принципы. Клеточные автоматы: определение, элементарные клеточные автоматы, классификация Вольфрама, двумерные клеточные автоматы, типы окрестностей, игра "Жизнь", параллельная реализация.

6. Системы Линденмайера: определение, D0L системы, графическая интерпретация, другие типы L-систем: контекстно-свободные, стохастические, параметрические, особенности параллельной реализации.

7. Генетические алгоритмы: операторы генетических алгоритмов, особенности кодирования (двоичное, целочисленное, непрерывное, перестановками), сходимость генетических алгоритмов (теория схем), островная модель, клеточные генетические алгоритмы.

8. Методы роевой оптимизации: понятие роевых алгоритмов, принципы Рейнолдса, метод роя частиц, муравьиные алгоритмы, алгоритм бактериального поиска, пчелиные алгоритмы.

Магистерская программа Большие данные: инфраструктуры и методы решения задач. Дополнительная часть.

1. Архитектура распределенной инфраструктуры Hadoop. Парадигма распределенного программирования MapReduce. Архитектура YARN.

- Chuck Lam. Hadoop in Action Tom White. Hadoop: The Definitive Guide, 3rd Edition
- IBM Course: "Hadoop Fundamentals" (BD001) https://bigdatauniversity.com/learn/hadoop/
- Programming Pig: Dataflow Scripting with Hadoop, By Alan Gates, Publisher: O'Reilly Media
- Programming Hive: Data Warehouse and Query Language for Hadoop By Edward Capriolo, Dean Wampler, Jason Rutherglen, Publisher: O'Reilly Media

- Jaql documentation. http://www-01.ibm.com/support/knowledgecenter/SSPT3X_3.0.0/com.ibm.swg.i...
- Материалы лекций: http://synth_serv/synthesis/student/BigData/seminar-hadoop/hadoop2015

2. Общие характеристики NoSQL баз данных, и их преимущества. CAP теорема. Классификация NoSQL баз данных. Архитектура и модель данных HBase.

- Apache HBase web site: http://hbase.apache.org/
- George, Lars. HBase The Definitive Guide (O'Reilly 2011)
- "Brewer's CAP Theorem" posted by Julian Browne, January 11, 2009. http://www.julianbrowne.com/article/viewer/brewers-cap-theorem
- Материалы лекций: http://synth_serv/synthesis/student/BigData/seminar-hadoop/hadoop2015

3. Разрешение сущностей. Выявление дубликатов, удаление дубликатов, установление связей между сущностями из разных исходных коллекций.

- А.Е. Вовченко, Л.А. Калиниченко, Д.Ю. Ковалев. Методы разрешения сущностей и слияния данных в ETL-процессе и их реализация в среде Hadoop. Информатика и ее применения, т. 8, вып. 4, 2014.
- Peter Christen, Data Matching. Concepts and Techniques for Record Linkage, Entity Resolution, and Duplicate Detection. Springer Data-Centric Systems and Applications, 2012
- Материалы лекций: http://synth_serv/synthesis/student/BigData/seminar-information-extracti...

4. Слияние данных. Стратегии разрешения конфликтов. Функции разрешения конфликтов. Слияние данных на основе операции Union. Слияние данных на основе операции Join.

- А.Е. Вовченко, Л.А. Калиниченко, Д.Ю. Ковалев. Методы разрешения сущностей и слияния данных в ETL-процессе и их реализация в среде Hadoop. Информатика и ее применения, т. 8, вып. 4, 2014.
- J. Bleiholder, F. Naumann. Data Fusion. ACM Computing Survey 2009.
- Материалы лекций: http://synth_serv/synthesis/student/BigData/seminar-information-extracti...

5. Конъюнктивные запросы. Ответы, интерпретация запроса. Поглощение запросов. Ответы с учетом взглядов. Переписывание запросов. Гомоморфизм запросов, теорема о гомоморфизме запросов. Алгоритм проверки поглощения запросов, пример поглощения.

- Serge Abiteboul, Ioana Manolescu. Web Data Management. Cambridge University Press, 2011. - http://webdam.inria.fr/Jorge/html/wdmch10.html (раздел 9.2)

6. Подход Local-As-View к виртуальной интеграции реляционных ресурсов. Bucket-алгоритм переписывания запросов. Корректность переписывания. Примеры локальной и глобальной схем, взглядов (представлений), переписывания запроса.

- Serge Abiteboul, Ioana Manolescu. Web Data Management. Cambridge University Press, 2011. - http://webdam.inria.fr/Jorge/html/wdmch10.html (раздел 9.4)

7. Обмен данными – общая схема, формальная постановка задачи. Порождающие кортежи зависимости (tgd). Универсальные решения в обмене данными. Свойства универсальных решений. Процедура погони.

- Ronald Fagin, Phokion G. Kolaitis, Renée J. Miller, Lucian Popa: Data exchange: semantics and query answering. Theor. Comput. Sci. 336(1): 89-124 (2005) - http://dblab.cs.toronto.edu/project/dataexchange/docs/tcs05.pdf

- Phokion G. Kolaitis. A Tutorial on Schema Mappings & Data Exchange DEIS ’10. - http://synthesis.ipi.ac.ru/synthesis/student/BigData/master-course-warehousing/DW16-2-DataExchange.pdf

8. Многомерная модель данных. Факты, измерения, параметры. Иерархия измерений. Подходы к реализации многомерной модели. Схемы звезда и снежинка.

- Кристиан Йенсен, Торбен Бэч. Технология многомерных баз данных. http://www.osp.ru/os/2002/01/180958/

- Christian S. Jensen,Torben Bach Pedersen, and Christian Thomsen. Multidimensional Databases and Data Warehousing. Morgan & Claypool, 2010. (раздел 2)

- Data Warehouse Design. - http:// synthesis.ipi.ac.ru /synthesis/student/BigData/lectures/DW%204%20Data%20Warehouse%20Design.pdf (разделы Logical Modeling, Physical Modeling)

9. Иерархические и спектральные алгоритмы обнаружения сетевых сообществ.

- M. Newman. Networks: an Introduction. Oxford University Press, 2010. Глава 11.

10. Модели эпидемий.

- M. Newman. Networks: an Introduction. Oxford University Press, 2010. Глава 17

11. Доверительные интервалы для среднего, для доли. Построение доверительного интервала на основе бутстрепа. Связь между проверкой гипотез и доверительными интервалами.

- Лагутин М. Б. Наглядная математическая статистика. 2007. (Глава 11)

12. Проверка гипотез. Ошибки I и II рода. Достигаемый уровень значимости. Критерий согласия Пирсона (хи-квадрат).

- Лагутин М. Б. Наглядная математическая статистика. 2007. (Главы 12, 13)

13. Поиск аномалий в данных с помощью методов кластеризации. Постановка задачи. Методы DBSCAN, K-means и другие.

- К. В. Воронцов. Машинное обучение, курс лекций. Курс - https://goo.gl/uMEYfp, слайды: https://goo.gl/poJpyi, видео: https://goo.gl/QtdMFz

14. Поиск аномалий во временных рядах. Постановка задачи. Авторегрессионная модель ARMA

- C. Aggarwal. Outlier analysis. Springer, 2013. (Глава 8)

15. Модели прогнозирования на основе деревьев решений. Алгоритмы CHAID, CART, C4.5: критерии поиска разбиений, параметры ограничения роста и обрубания дерева.

- Hastie, Tibshirani and Friedman. The Elements of Statistical Learning. – Springer-Verlag, 2009. – 763 pages. http://statweb.stanford.edu/~tibs/ElemStatLearn/

16. Классическая линейная модель регрессии: описание модели, основные ограничения, метод наименьших квадратов

- Андерсон Т. Введение в многомерный статистический анализ. – М.: Наука, 1963
- Болч К., Хуань К.Дж. Многомерные статистические методы для экономики. – М.: Статистика, 1979.
- Кулаичев А.П. Методы и средства комплексного анализа данных. – М.: Форум-Инфра-М, 2006.

Магистерская программа «Суперкомпьютерные технологии моделирования Земной системы»

1. Обобщенное решение задачи Дирихле для уравнения второго порядка эллиптического типа.
2. Метод Ритца приближенного решения эллиптического уравнения второго порядка.
3. Вариационная постановка задачи на собственные значения симметричного положительного операторного уравнения.
4. Метод Ритца в проблеме вычисления собственных значений задачи Дирихле.
5. Метод конечных элементов для обыкновенного дифференциального уравнения.
6. Метод конечных элементов для задачи об изгибе упругого бруса.
7. Матрица жесткости и матрица массы линейного конечного элемента.
8. Теорема о сходимости метода конечных элементов на линейных треугольниках в случае уравнения Пуассона.
9. Вывод уравнения Кортевега-де Фриза.
10. Групповой анализ обыкновенных дифференциальных уравнений первого и второго порядка.
11. Групповой анализ для уравнения теплопроводности.
12. Уравнение Бюргерса и его линеаризация.
13. Метод кусочно-постоянных аппроксимаций решения интегральных уравнений Фредгольма 2-го рода.
14. Метод конечных элементов решения интегральных уравнений Фредгольма 2-го рода.
15. Метод решения сингулярного интегрального уравнения с ядром Гильберта на основе квадратурных формул интерполяционного типа.
16. Численное решение интегральных уравнений Фредгольма 2-го рода в случае неоднозначной разрешимости соответствующего однородного уравнения.
17. Методы организации параллельных вычислений при суперкомпьютерном решении сеточных задач.

18. Сопряженные, симметричные и самосопряженные операторы (случай неограниченных операторов).

19. Типы разрешимости операторных уравнений. Условия однозначной и плотной разрешимости.

20. Методы теории экстремальных задач.

21. Методы теории некорректных задач.

22. Методы общей теории итерационных процессов.

23. Уравнения термогидродинамики атмосферы. Граничные условия. Системы координат. Требования к численным методам.

24. Уравнения термогидродинамики океана. Граничные условия. Системы координат. Требования к численным методам.

25. Математические модели геофизической турбулентности. Проблема турбулентного замыкания.

26. Математические модели Земной системы. Структура и взаимодействие блоков, постановки численных экспериментов.

27. Параллельные вычисления. Примеры параллельной реализации типовых дискретизированных задач математической физики, оценки ускорения.

28. Технология параллельного программирования MPI. Достоинства и ограничения.

29. Технология параллельного программирования OpenMP. Достоинства и ограничения.

30. Технологии параллельного программирования на графических сопроцессорах.

31. Полулагранжев метод для численного решения одномерного уравнения переноса–сущность, критерий устойчивости, достоинства и недостатки. Принципы построения варианта полулагранжева метода, сохраняющего массу переносимого вещества.

32. Линейные монотонные схемы для гиперболических уравнений. Теорема Годунова. Примеры линейных монотонных схем.

33. Нелинейные монотонные схемы для гиперболических уравнений. Пример построения. Схема Лакса-Вендроффа.

34. Нелинейная неустойчивость. Уравнение Бюргерса. Пример неустойчивой схемы. Построение устойчивой разностной схемы для этого уравнения.

35. Постановка задач анализа данных: задачи регрессии, классификации. Основные типы данных. Обучение с учителем, обучение без учителя.

36. Линейная регрессия, логичестическая регрессия, метод опорных векторов, решающие деревья. Нейронные сети (определение).

37. Общие идеи построения тензорных разложений в форматах тензорного поезда, Таккера, каноническом. Понятия рангов во всех случаях, возможности сжатия данных при использовании тензорных разложений.

Список рекомендованной литературы

1. Михлин С.Г. Вариационные методы в математической физике. М. Наука, 1970.

2. Андреев В.Б. Лекции по методу конечных элементов. М. МАКС Пресс, 2015.

3. Ибрагимов Н.Х. Практический курс дифференциальных уравнений и математического моделирования. М. Физматлит, 2012.

4. Сетуха А.В. Численные методы в интегральных уравнениях и их приложения. М. АРГАМАК-МЕДИА, 2014.

5. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления- СПб. БХВ-Петербург, 2002.

6. Головизнин В.М., Зайцев М.А., Карабасов С.А., Короткин И.А. Новые алгоритмы вычислительной гидродинамики для многопроцессорных вычислительных комплексов. М.: Издательство Московского университета, 2013.

7. Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкостей. Пер. с англ. М.: Мир, 1991г., в 2 т.

8. Bishop C.M. Pattern Recognition and Machine Learning. —Springer,2006.—738p.

9. HastieT., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning.Springer,2014. — 739 p.

10. George, J.W., H.Liu. Computer Solution of Large Sparse Positive Definite Systems. Prentice-Hall, New Jersey, 1981. --- 324 pp.

11. S. Schaffer. A semicoarsening multigrid method for elliptic partial differential equations with highly discontinuous and anisotropic coefficients. SIAM J. Sci. Comput. 20(1): 228--242, 1998.

12. H.-R. Fang, Y. Saad. Two classes of multisecant methods for nonlinear acceleration. Numer.Lin.Alg. Appl. 16(3): 197--221, 2009. doi:10.1002/nla.617.

13. James R. Holton, Gregory J. Hakim. An Introduction to Dynamic Meteorology. Academic Press. ISBN 978-0-12-384866-6. 2013.

14. Дымников В.П., Залесный В.Б. Основы вычислительной геофизической гидродинамики. – М.: ГЕОС, 2019. – 448 с.

Магистерская программа «Интеллектуальные технологии в медицине»

1. Алгоритмы планирования процессов в современных ОС.
1. Вывод уравнения Кортевега-де Фриза.
2. Групповой анализ для уравнения теплопроводности.
3. Групповой анализ обыкновенных дифференциальных уравнений первого и второго порядка.
2. Итерационные методы минимизации: скорейшего спуска, проекции градиента и Ньютона. См. материалы курса на сайте
3. Классификации архитектур вычислительных систем. Способы организации высокопроизводительных систем и основные принципы функционирования.

Характеристики производительности, реальная и пиковая производительность, ускорение и эффективность.

4. Линейная регрессия, логичестическая регрессия, метод опорных векторов, решающие деревья. Нейронные сети (определение).
4. Маршрутизация в глобальной компьютерной сети Интернет. Таблицы маршрутизации. Методы продвижения дейтаграмм (Forwarding). Задача выбора маршрутов (Routing): основные алгоритмы, их достоинства и недостатки.
5. Матрица жесткости и матрица массы линейного конечного элемента.
5. Методы синхронизации процессов и методы предотвращения тупиковых ситуаций в операционных системах.
6. Модель Лотки-Вольтерра. Периодические колебания численности популяций.
7. Модель цепной реакции в диффузионном приближении. Расчет критической массы реактора.
8. Наследственные свойства графов. Теорема об оценке наибольшего числа ребер в графе с наследственным свойством. Теорема о наибольшем числе ребер в графе без треугольников. Теорема Турана (только формулировка). [1] (Литература. Харари Ф. Теория графов. М.: Мир, 1973.)
9. Основные средства разработки для систем с общей и распределенной памятью. Основные характеристики пакетов OpenMP, Posix Threads, MPI, поддержка многопоточности в современном C++.
6. Постановка задач анализа данных: задачи регрессии, классификации. Основные типы данных. Обучение с учителем, обучение без учителя.
10. Раскраски графов, хроматическое число графа. Критерий двухцветности графа. Теорема об оценке хроматического числа графа. Теорема Брукса (только формулировка). ([1] стр. 152-153, 32)
11. Симплекс-метод для канонической задачи линейного программирования: идея метода и ее реализация, выбор стартовой угловой точки. См. материалы курса на сайте
7. Теорема о сходимости метода конечных элементов на линейных треугольниках в случае уравнения Пуассона.
12. Уравнение Бюргерса и его линеаризация.
13. Эталонная модель Взаимодействия Открытых Систем (OSI). Функции уровней. Функции подуровня управления доступом к среде в многоабонентской сети. Назначение устройств объединения сетей: концентраторов, мостов, коммутаторов, маршрутизаторов.
14. Два режима работы НС (обучение, вычисление): цель и основные принципы. Клеточные автоматы: определение, элементарные клеточные автоматы, классификация Вольфрама,

двумерные клеточные автоматы, типы окрестностей, игра "Жизнь", параллельная реализация.

15. Системы Линденмайера: определение, D0L системы, графическая интерпретация, другие типы L-систем: контекстно-свободные, стохастические, параметрические, особенности параллельной реализации.
16. Генетические алгоритмы: операторы генетических алгоритмов, особенности кодирования (двоичное, целочисленное, непрерывное, перестановками), сходимость генетических алгоритмов (теория схем), островная модель, клеточные генетические алгоритмы.
17. Методы роевой оптимизации: понятие роевых алгоритмов, принципы Рейнолдса, метод роя частиц, муравьиные алгоритмы, алгоритм бактериального поиска, пчелиные алгоритмы.

Магистерская программа

Методы и технологии обработки данных в гетерогенных вычислительных средах

1. Байесовский подход к машинному обучению.
2. Использование машинного обучения в медицине.
3. Машинное обучение в задачах физики высоких энергий.
4. Эпидемиологические модели.
5. Теория алгоритмов и ее приложения.
6. Алгоритмы кластеризации.
7. Сходимость случайных величин и предельные теоремы.
8. Метакомпьютинг: характерные особенности, виды распределенных вычислительных систем.
9. Варианты организации параллельных вычислений. Параллелизм по данным и функциональный параллелизм.
10. Особенности систем с общей и распределенной памятью, NUMA и ccNUMA архитектура, вычислительные кластеры.
11. Временные ряды Фурье.
12. Уравнение Шредингера.
13. Множественное рождение частиц.
14. Партонная модель адронов.
15. Квантовые числа кварков.
16. Основная схема метода Монте-Карло.
17. Архитектура и компоненты промежуточного программного обеспечения.

18. Облачные технологии: концепция, модели, архитектура.
19. Очистка, предварительная обработка и отображение данных.
20. Поиск аномалий в данных.
21. Безопасность данных. Аспекты доступности, целостностности, конфиденциальности.
22. Передача данных в рамках многоуровневых систем хранения.
23. Системы хранения Data Warehouse. Их назначение и особенности.
24. Механизм web-скрепинга: особенности реализации в различных типах задач.
25. Роевые алгоритмы.
26. Алгоритмы построения филогенетических деревьев.