АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «СИРИУС»
(АНОО ВО «УНИВЕРСИТЕТ «СИРИУС»)

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 0EE1DD57C56F53844743BD8E019F41EF
Владелец: Некрасова Людмила Андреевна
Действителен: с 08.07.2026 до 08.07.2027

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Специальная дисциплина по научной специальности
1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Шифр и наименование области науки:	1. Естественные науки
Шифр и наименование группы научных специальностей:	1.2. Компьютерные науки и информатика
Шифр и наименование научной специальности:	1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ
Форма обучения:	Очная
Срок освоения образовательной программы:	3 года
Год начала освоения образовательной программы:	2026
Структурное подразделение, ответственное за реализацию образовательной программы:	Научный центр информационных технологий и искусственного интеллекта

АННОТАЦИЯ
к рабочей программе дисциплины (модулю)

Специальная дисциплина по научной специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, трудоемкость 5 з.е.

1.1. Цель освоения и краткое содержание дисциплины (модуля)

Цель:

Формирование у аспирантов системы основных понятий о современных проблемах фундаментальной и прикладной математики, математического моделирования и инженерии программного обеспечения для проведения междисциплинарных исследований в области математического моделирования.

Краткое содержание (тематика):

Обзор основных классов задач и методов современной прикладной математики и математического моделирования. Случайные процессы и стохастические дифференциальные уравнения. Современные парадигмы программирования на языке C++. Современные парадигмы параллельного и распределенного программирования. Функциональное программирование и основы теории типов. Численные методы. Методы конструктивной алгебры. Методы дифференциальной геометрии. Современные методы решения интегральных и интегро-дифференциальных уравнений. Методы машинного обучения в современной прикладной математике.

1.2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)

1.2.1. Сдан кандидатский экзамен по специальной дисциплине по научной специальности 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

1.2.2. Расширение и углубление личностных компетенций, а также формирование профессиональных компетенций, необходимых для создания, внедрения и совершенствования технологий, обеспечивающих опережающее научно-технологическое развитие страны:

– применение инновационных инструментов и методов при определении путей решения научных задач;

– способность учитывать изменения ситуации при корректировке научно-исследовательских задач и средств их достижения;

– осуществление поиска, обработки, систематизации цифровой информации, управление данными, информацией и цифровым контентом;

– способность обосновывать необходимость, актуальность поставленной исследовательской задачи и решать её с помощью современных математических и вычислительных методов;

– знание и использование технических и инженерных решений основных задач исследовательской деятельности в области своих научных интересов.

1. Общая характеристика дисциплины

1.1. Цель дисциплины: формирование у аспирантов системы основных понятий о современных проблемах фундаментальной и прикладной математики, математического моделирования и инженерии программного обеспечения для проведения междисциплинарных исследований в области математического моделирования.

1.2. Задачи дисциплины:

– изучение теоретических основ и методологии построения и анализа математических моделей в различных областях естественных, технических и экономических наук;

– изучение методов и алгоритмов обработки информации;

– получение навыков по проведению виртуальных вычислительных экспериментов с использованием современных вычислительных методов.

1.3. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры:

Дисциплина входит в образовательный компонент программы аспирантуры по научной специальности 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Дисциплина является обязательной.

Дисциплина проводится в семестрах, установленных учебным планом и (или) индивидуальным учебным планом аспиранта.

Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области высшей математики и инженерии программного обеспечения на уровне магистратуры или специалитета в области физико-математических или технических специальностей.

1.4. Общая трудоемкость дисциплины: 5 з.е.

1.5. Планируемые результаты обучения по дисциплине:

1.5.1. Сдан кандидатский экзамен по специальной дисциплине по научной специальности 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

1.5.2. Расширение и углубление личностных компетенций, а также формирование профессиональных компетенций, необходимых для создания, внедрения и совершенствования технологий, обеспечивающих опережающее научно-технологическое развитие страны:

– применение инновационных инструментов и методов при определении путей решения научных задач;

– способность учитывать изменения ситуации при корректировке научно-исследовательских задач и средств их достижения;

– осуществление поиска, обработки, систематизации цифровой информации, управление данными, информацией и цифровым контентом;

– способность обосновывать необходимость, актуальность поставленной исследовательской задачи и решать её с помощью современных математических и вычислительных методов;

– знание и использование технических и инженерных решений основных задач исследовательской деятельности в области своих научных интересов.

2. Структура и содержание дисциплины

2.1. Объем дисциплины и виды учебной деятельности:

Виды учебной деятельности	Всего
Контактная работа обучающихся с преподавателем, ак. ч.	72
Самостоятельная работа обучающихся, ак. ч.	108
Промежуточная аттестация, ак. ч.	4
Общая трудоемкость, ак. ч.	180
Общая трудоемкость, з.е.	5

2.2. Содержание разделов (тем) дисциплины:

Наименования разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины
Раздел 1. Обзор основных классов задач и методов современной прикладной математики и математического моделирования	Цель и значение прикладной математики и математического моделирования. Определение и классификация методов современной прикладной математики и математического моделирования. Основные этапы математического моделирования.
Раздел 2. Случайные процессы и стохастические дифференциальные уравнения	Случайные процессы в непрерывном времени. Статистика случайных процессов в непрерывном времени. Стохастические дифференциальные уравнения. Основные классы стохастических дифференциальных уравнений, методы их решения и области их применения в естествознании, технических и экономических науках. Статистические методы калибровки стохастических моделей в непрерывном времени.
Раздел 3. Современные парадигмы программирования на языке C++	Сравнение преимуществ, недостатков и областей применения основных парадигм программирования на языке C++.
Раздел 4. Современные парадигмы параллельного и распределенного программирования	Иерархия аппаратных архитектур и программных парадигм для параллельного и распределенного программирования, основные области их применения.
Раздел 5. Функциональное программирование и основы теории типов	Системы типов в функциональном программировании, их связь с верификацией программного обеспечения.
Раздел 6. Численные методы	Численные методы оптимизации. Численные и численно-аналитические методы решения линейных и нелинейных уравнений математической физики в частных производных. Методы Монте-Карло в стохастическом моделировании.
Раздел 7. Методы конструктивной алгебры	Методы конструктивной алгебры для решения систем полиномиальных уравнений
Раздел 8. Методы дифференциальной геометрии	Методы дифференциальной геометрии в теории случайных процессов
Раздел 9. Современные методы решения интегральных и интегро-дифференциальных уравнений.	Современные методы решения интегральных и интегро-дифференциальных уравнений. Нелокальные задачи математической физики
Раздел 10. Методы машинного обучения в современной прикладной математике	Классификация, основные свойства и области применимости различных методов машинного обучения. Метрические методы машинного обучения. Байесовские

	методы машинного обучения. Линейные методы машинного обучения и их обобщения.

3. Текущий контроль и промежуточная аттестация по дисциплине. Оценочные материалы

3.1. Текущий контроль успеваемости по дисциплине проводится в течение семестра в следующих формах:

Наименования разделов (тем) дисциплины	Форма текущего контроля	Оценочные материалы
Раздел 1. Обзор основных классов задач и методов современной прикладной математики и математического моделирования	Устный опрос	Перечень вопросов для устного опроса
Раздел 2. Случайные процессы и стохастические дифференциальные уравнения	Устный опрос	Перечень вопросов для устного опроса
Раздел 3. Современные парадигмы программирования на языке C++	Устный опрос	Перечень вопросов для устного опроса
Раздел 4. Современные парадигмы параллельного и распределенного программирования	Устный опрос	Перечень вопросов для устного опроса
Раздел 5. Функциональное программирование и основы теории типов	Устный опрос	Перечень вопросов для устного опроса
Раздел 6. Численные методы	Устный опрос	Перечень вопросов для устного опроса
Раздел 7. Методы конструктивной алгебры	Устный опрос	Перечень вопросов для устного опроса
Раздел 8. Методы дифференциальной геометрии	Устный опрос	Перечень вопросов для устного опроса
Раздел 9. Современные методы решения интегральных и интегро-дифференциальных уравнений.	Устный опрос	Перечень вопросов для устного опроса
Раздел 10. Методы машинного обучения в современной прикладной математике	Устный опрос	Перечень вопросов для устного опроса

3.2. Оценочные материалы для текущего контроля:

3.2.1. Примерный перечень вопросов для устного опроса:

1. Цель и значение математического моделирования и оптимизации.
2. Определение и классификация моделей.
3. Основные этапы математического моделирования.
4. Основные классы стохастических дифференциальных уравнений.
5. Методы решения стохастических дифференциальных уравнений
6. Области их применения стохастических дифференциальных уравнений в естествознании, технических и экономических науках.
7. Статистические методы калибровки стохастических моделей в непрерывном времени.
8. Сравнение преимуществ, недостатков и областей применения основных парадигм программирования на языке C++.

9. Иерархия аппаратных архитектур и программных парадигм для параллельного и распределенного программирования, основные области их применения.

10. Системы типов в функциональном программировании, их связь с верификацией программного обеспечения.

11. Дифференциальные и бездифференциальные методы оптимизации.

12. Классификация, преимущества и недостатки различных численных и численно-аналитических методов решения параболических уравнений в частных производных.

13. Последовательности И. М. Соболя и их применение в методах класса Монте-Карло.

14. Сравнение метода базисов Грёбнера (с алгоритмами Бухбергера, Фожера и FGLM) и метода характеристических множеств для решения систем полиномиальных уравнений.

15. Вычисление коэффициентов Ж. Адамара в методе “тепловых ядер” (фундаментальных решений уравнения теплопроводности), и их применение.

16. Стохастические процессы П. Леви и их связь с интегро-дифференциальными уравнениями математической физики.

17. Основные концепции методов машинного обучения.

18. Классификация методов машинного обучения.

19. Области применения методов машинного обучения.

20. Преимущества и недостатки методов машинного обучения.

21. Связь и сравнение методов машинного обучения. с методами математической статистики случайных процессов.

22. Современные методы обучения с подкреплением.…

Критерии оценивания устного опроса:

– полнота и правильность ответа;

– степень осознанности, понимания изученного;

– языковое оформление ответа.

«Отлично»	«Хорошо»	«Удовлетворительно»	«Неудовлетворительно»
– полно раскрыто содержание вопроса; – материал изложен грамотно, в определенной логической последовательности, точно используется терминология; – показано умение иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами, применять их в новой ситуации; – продемонстрировано усвоение ранее изученных сопутствующих вопросов;	– ответ удовлетворяет в основном требованиям на оценку «5» (отлично), но при этом имеет один из недостатков: в изложении допущены небольшие пробелы, не исказившие содержание ответа; – допущены один – два недочета при освещении основного содержания ответа, исправленные по замечанию преподавателя; допущены ошибка или более двух недочетов при освещении второстепенных	– неполно или непоследовательно раскрыто содержание материала, но показано общее понимание вопроса и продемонстрированы умения, достаточные для дальнейшего усвоения материала; – имеются затруднения или допущены ошибки в определении понятий, использовании терминологии, исправленные после нескольких наводящих вопросов преподавателя; – при неполном знании теоретического	– не раскрыто основное содержание учебного материала; обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части учебного материала; – допущены ошибки в определении понятий, при использовании терминологии, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов преподавателя; не сформированы компетенции, умения и навыки.

– ответ прозвучал самостоятельно, без наводящих вопросов; – допущены одна-две неточности при освещении второстепенных вопросов, которые исправляются по замечанию преподавателя.	вопросов, которые легко исправляются по замечанию преподавателя.	материала выявлена недостаточная сформированность компетенций, умений и навыков, аспирант не может применить теорию в новой ситуации.	

3.3. Формой промежуточной аттестации по дисциплине является кандидатский экзамен.

Результатом промежуточной аттестации в форме кандидатского экзамена являются оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

Кандидатский экзамен проводится в соответствии с установленным в АНОО ВО «Университет «Сириус» порядком.

3.4. Оценочные материалы для промежуточной аттестации:

3.4.1. Примерный перечень вопросов к кандидатскому экзамену:

1. Построить математическую модель (детерминированную или стохастическую) для заданного физического, технического или экономического процесса.

2. Построить или аппроксимировать плотность распределения для заданного случайного процесса.

3. Дать определение методов минимального контраста, максимального правдоподобия и Minimum Product of Spacings для калибровки стохастических моделей.

4. Реализовать заданный численный алгоритм на C++ с использованием подходящих уровней абстракции и программных парадигм.

5. Написать реализацию программного механизма «Thread Pool» на C++ с применением необходимых уровней абстракции.

6. Дать определение зависимых типов (Dependent Types) и изоморфизма Curry-Howard’a в функциональном программировании.

7. Доказать корректность и привести достаточные условия сходимости метода продолжения по параметры Ж. Адамара.

8. Вывести достаточные условия устойчивости заданной явной разностной схемы для решения параболических уравнений в частных производных.

9. Сформулировать схемы Эйлера и Мильштейна для методов класса Монте-Карло.

10. Сформулировать метод характеристических множеств для решения систем полиномиальных уравнений.

11. Сформулировать теорему об асимптотическом представлении решений уравнения Фоккера-Планка в виде «теплового ядра».

12. Построить нелокальную модель (в виде интегро-дифференциального уравнения) для заданного физического или экономического процесса, и указать методы решения этого уравнения.

13. Сформулировать теоретико-вероятностную (байесовскую) трактовку методов линейной регрессии с различными видами регуляризации.

14. Сформулировать принципы и привести примеры применения методов класса Markov Chain Monte-Carlo (MCMC).

Критерии оценки ответов на вопросы кандидатского экзамена:

«Отлично»	«Хорошо»	«Удовлетворительно»	«Неудовлетворительно»
– обнаружил глубокое знание основного учебно-программного материала в соответствии с прослушанным лекционным курсом, основной и дополнительной литературой, в полном объеме, необходимом для предстоящей работы по специальности; – демонстрирует глубокое, всестороннее знание и понимание сущности рассматриваемых терминов, понятий, закономерностей и пр.; – свободно владеет научным стилем речи; его ответ характеризует точное, связное, последовательное, логичное, обоснованное и аргументированное изложение материала; – умеет формулировать обоснованные выводы.…	– обнаружил твердое знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для предстоящей работы по специальности; – демонстрирует хорошее знание рассматриваемых терминов, понятий, закономерностей и пр.; – владеет научным стилем; его ответ характеризует точное, связное, последовательное, логичное изложение материала; – умеет формулировать выводы.	– обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для предстоящей работы по специальности; – демонстрирует нечеткое представление о сущности рассматриваемых терминов, понятий, закономерностей и пр.; – слабо владеет научным стилем; его ответ характеризует неточное изложение программного материала, – испытывает трудности с формулированием выводов.	– обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебного материала; – демонстрирует непонимание сущности рассматриваемых терминов, понятий, закономерностей и пр.; – не владеет научным стилем речи; не умеет формулировать выводы.

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

4.1. Перечень основной литературы:

1. 1. S. Shreve. Stochastic Calculus for Finance II. – New York, Springer, 2004.

2. Б. Оксендаль. Стохастические дифференциальные уравнения. – М.: Мир, 2003.

3. L. A. Sakhnovich. Levy Processes, Integral Equations, Statistical Physics: Connections and Interactions. – Springer, 2012.

4. N. M. Josuttis. C++17 - The Complete Guide. – Lean Publishing, 2019.

5. A. Williams. C++ Concurrency in Action. 2nd ed. – Manning, 2019.

6. G. Hutton. Programming in Haskell. 2nd ed. – Cambridge University Press, 2016.

7. J. Nocedal, S.J. Wright. Numerical Optimization. 2nd ed. Springer, 2006.

8. Г. И. Марчук. Методы вычислительной математики. 4-е изд. – СПб.: Лань, 2009.

9. А. А. Самарский. Теория разностных схем. 3-е изд. – М.: Наука, 1989.

10. Th. Becker, V. Weispfenning. Grobner Bases. – Springer, 1993.

11. I. G. Avramidi. Heat Kernel Method and its Applications. – Birkhauser, 2015.

12. S. Russell, P. Norvig. Artificial Intelligence: A Modern Approach. 4th ed. – Pearson, 2022.

13. D. Porter, D. Stirling. Integral Equations: A Practical Treatment, from Spectral Theory to Applications. – Cambridge University Press, 1990.

14. D. Bertsekas. Reinforcement Learning and Optimal Control. – Athena Scientific, 2019.

4.2. Перечень дополнительной литературы:

1. А. Н. Бородин. Случайные процессы. – СПб.: Лань, 2013.

2. R. Grimm. C++20: Get the Details. – Lean Publishing, 2021.

3. S. Thompson. Type Theory and Functional Programming. – University of Kent, 1999

4. Р. П. Федоренко. Введение в вычислительную физику, 2-е изд. – Долгопрудный: Интеллект, 2008.

5. P. Glasserman. Monte-Carlo Methods in Financial Engineering. Springer-Verlag, New York, 2004

6. А. Н. Тихонов, А. А. Самарский. Уравнения математической физики. 6-е изд. – М.: Изд-во МГУ, 1999.

7. Н. Н. Яненко. Метод дробных шагов решения многомерных задач математической физики. – Новосибирск, Наука, 1967.

8. D. J. Duffy. Finite Difference Methods in Financial Engineering: A Partial Differential Equation Approach. Wiley, 2006

9. D. Wang. Elimination Methods. – Springer, 2001.

10. F. Andreu-Vailo et al. Nonlocal Diffusion Problems. – AMS, 2010.

11. M. Kolanovic, R. T. Krishnamachari. Big Data and AI Strategies: Machine Learning and Alternative Data Approach to Investing. – JP Morgan, 2017.

5. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

5.1. Материально-техническое обеспечение:

Вид аудитории	Технические средства и оборудование
Учебная аудитория для проведения практических занятий	– Рабочее место преподавателя; – Компьютер / ноутбук; – Проектор; – Маркерная доска / флипчарт; маркеры; – Рабочие места для обучающихся, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет; – Конференц-платформа с полным доступом, позволяющая одновременное подключение 20-40 человек и возможность разбиения участников по «комнатам», демонстрации экрана, видео-звонок

5.2. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения: Отсутствует. Данная дисциплина реализуется исключительно на основе свободно распространяемого программного обеспечения (ПО), главным образом, ПО с открытым кодом.