

**Федеральное государственное образовательное
бюджетное учреждение высшего образования
«ФИНАНСОВЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРИ
ПРАВИТЕЛЬСТВЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»
(Финансовый университет)**

**Департамент анализа данных и машинного обучения
Факультета информационных технологий и анализа больших данных**

Соловьев В.И.

**ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ,
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ»**

для обучающихся по направлению подготовки
09.06.01-Информатика и вычислительная техника,
научная специальность «1.2.2-Математическое моделирование, численные
методы и комплексы программ»
(подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре)

Москва 2022

**Федеральное государственное образовательное
бюджетное учреждение высшего образования
«ФИНАНСОВЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРИ
ПРАВИТЕЛЬСТВЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»
(Финансовый университет)**

**Департамент анализа данных и машинного обучения
Факультета информационных технологий и анализа больших данных**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной
и методической работе

_____ Е.А. Каменева

24.05.2022 г.

Соловьев В.И.

**ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ,
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ»**

для обучающихся по направлению подготовки
09.06.01-Информатика и вычислительная техника,
научная специальность «1.2.2-Математическое моделирование, численные
методы и комплексы программ»
(подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре)

*Рекомендовано Ученым советом
Факультета информационных технологий и анализа больших данных
(протокол №21 от 17.05.2022 г.)
Одобрено Советом учебно-научного
Департамента анализа данных и машинного обучения
(протокол №9 от 28.04.2022 г.)*

Москва 2022

Содержание

1. Требования к результатам освоения программы аспирантуры и результатам обучения по дисциплине, выносимой на кандидатский экзамен.....	3
2. Содержание программы кандидатского экзамена.....	7
3. Учебно-методическое и информационное обеспечение, включающее нормативные правовые документы, рекомендуемую литературу и Интернет-ресурсы.....	8
4. Критерии оценки результатов сдачи кандидатского экзамена.....	10
<i>Приложение 1.</i>	
Перечень примерных вопросов для подготовки к сдаче кандидатского экзамена.....	10

1. Требования к результатам освоения программы аспирантуры и результатам обучения по дисциплине, выносимой на кандидатский экзамен

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения (умения и знания), соотнесенные с индикаторами достижения компетенции
ПКС-1	Способность самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные знания для решения нестандартных задач, в том числе в междисциплинарном контексте	<p>1. Демонстрирует знание математических методов и инструментальных методов моделирования физических, технологических, социально-экономических процессов.</p> <p>2. Использует навыки решения нестандартных профессиональных задач с применением математических, естественнонаучных знаний.</p> <p>3. Применяет навыки решения нестандартных профессиональных задач в сфере создания компьютерных комплексов и программ.</p>	<p>Знать основные методы математического моделирования. Уметь приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные знания для решения нестандартных задач, в том числе в междисциплинарном контексте</p> <p>Знать методы решения нестандартных профессиональных задач с применением математических, естественнонаучных знаний. Уметь решать нестандартные профессиональные задачи с применением математических, естественнонаучных знаний.</p> <p>Знать подходы к решению нестандартных профессиональных задач в сфере создания компьютерных комплексов и программ. Уметь применять навыки решения нестандартных профессиональных задач в сфере создания</p>

			компьютерных комплексов и программ.
ПКС-2	Способность разрабатывать и реализовывать эффективные численные методы и алгоритмы в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента, компьютерного и имитационного моделирования в научной и педагогической деятельности	<p>1. Демонстрирует знание теоретических основ современных математических моделей, используемых для моделирования объектов и явлений.</p> <p>2. Реализует эффективные численные методы и алгоритмы.</p> <p>3. Применяет навыки разработки численных методов и алгоритмов.</p>	<p>Знать эффективные численные методы и алгоритмы в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента, компьютерного и имитационного моделирования в научной и педагогической деятельности</p> <p>Уметь разрабатывать и реализовывать эффективные численные методы и алгоритмы в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента, компьютерного и имитационного моделирования в научной и педагогической деятельности</p> <p>Знать как реализовать эффективные численные методы и алгоритмы</p> <p>Уметь применять эффективные численные методы и алгоритмы.</p> <p>Знать методы разработки численных методов и алгоритмов.</p> <p>Уметь разрабатывать численные методы и алгоритмы</p>

ПКС-3	Способность проводить комплексные исследования научных и технических проблем с применением современных технологий математического моделирования и вычислительного эксперимента	<p>1. Демонстрирует знание методики проведения комплексных исследований.</p> <p>2. Использует новые математические методы и алгоритмы интерпретации натурального эксперимента на основе его математической модели.</p> <p>3. Проводит комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного</p>	<p>Знать как проводить комплексные исследования научных и технических проблем с применением современных технологий математического моделирования и вычислительного эксперимента</p> <p>Уметь проводить комплексные исследования научных и технических проблем с применением современных технологий математического моделирования и вычислительного эксперимента</p> <p>Знать математические методы и алгоритмы интерпретации натурального эксперимента на основе его математической модели.</p> <p>Уметь применять математические методы и алгоритмы интерпретации натурального эксперимента на основе его математической модели.</p> <p>Знать как проводятся комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента</p> <p>Уметь проводить</p>
-------	--	---	---

		эксперимента.	комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента
ПКС-4	Способность разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий (машинное обучение, имитационное моделирование, нейронные сети, нечеткая логика) для решения профессиональных задач	<p>1. Работает с современными интеллектуальными технологиями для решения профессиональных задач.</p> <p>2. Обосновывает выбор современных интеллектуальных технологий и программной среды при разработке оригинальных программных средств для решения профессиональных задач, используя методы анализа «больших данных».</p>	<p>Знать основные современных интеллектуальные технологии (машинное обучение, имитационное моделирование, нейронные сети, нечеткая логика) для решения профессиональных задач</p> <p>Уметь разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий</p> <p>Знать современные интеллектуальные технологии и программные среды для разработки оригинальных программных средств решения профессиональных задач, используя методы анализа «больших данных».</p> <p>Уметь применять современные интеллектуальные технологии и программные среды для разработки оригинальных программных средств</p>

		<p>3. Демонстрирует навыки разработки оригинальных программных средств для моделирования физических, технологических, социально-экономических процессов с использованием методов машинного обучения, имитационного моделирования, нечеткой логики.</p>	<p>решения профессиональных задач, используя методы анализа «больших данных».</p> <p>Знать технологии разработки оригинальных программных средств для моделирования физических, технологических, социально-экономических процессов с использованием методов машинного обучения, имитационного моделирования, нечеткой логики. Уметь применять технологии разработки оригинальных программных средств для моделирования физических, технологических, социально-экономических процессов с использованием методов машинного обучения, имитационного моделирования, нечеткой логики.</p>
--	--	--	--

2. Содержание программы кандидатского экзамена

Раздел 1. Введение в математическое моделирование

Определение математического моделирования. Слон фон Неймана. Классификация моделей. Цели и задачи математического моделирования. Модели системной динамики. Концепция цифровых двойников. Многокритериальный анализ результатов моделирования. Особенности паспорта специальности «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». Математические модели в управлении, экономике, финансах, логистике.

Раздел 2. Модели исследования операций

Определение операции. Целевая функция. Виды ограничений. Виды ресурсов. Математическое программирование. Линейное программирование. Дискретное программирование. Динамическое программирование. Нелинейное программирование. Примеры задач.

Раздел 3. Модели машинного обучения

Классификация моделей машинного обучения. Обучение с учителем. Обучение без учителя. Обучение с подкреплением. Модели глубокого машинного обучения. Байесовский вывод. Графовые вероятностные модели. Прогнозирование методами машинного обучения.

Раздел 4. Численные методы и комплексы программ

NP-трудность. Алгоритмические неразрешимые задачи. Плохо обусловленные задачи. Аналитическое, численное и автоматическое дифференцирование с использованием пакетов программ. Пакеты визуализации результатов моделирования. Имитационное моделирование. Мультиагентные модели. Анимация поведения моделей.

3. Учебно-методическое и информационное обеспечение, включающее нормативные правовые документы, рекомендуемую литературу и Интернет-ресурсы

а) основная литература:

1. Бабайцев В. А. Математические методы финансового анализа : учебное пособие для вузов / В. А. Бабайцев, В. Б. Гисин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Юрайт, 2022. — 215 с. — (Высшее образование). - ЭБС Юрайт. — URL: <https://urait.ru/bcode/493837> (дата обращения: 07.07.2022). — Текст : электронный.

б) дополнительная литература:

2. Михалева, М. Ю. Математическое моделирование и количественные методы исследований в менеджменте: учебное пособие для студентов вузов, обуч. по направ. подгот. "Менеджмент" (квалификация (степень) "магистр") / М. Ю. Михалева, И. В. Орлова; Финуниверситет. - Москва: Вузовский учебник, 2018. - 296 с.— (Высшее образование: Магистратура). — Текст : непосредственный. - То же. - ЭБС ZNANIUM.com. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/948489> (дата обращения: 07.07.2022). - Текст : электронный.

3. Соловьев, В.И. Анализ данных в экономике: Теория вероятностей, прикладная статистика, обработка и анализ данных в Microsoft Excel.: учебник / В.И. Соловьев. — Москва: КноРус, 2021. — 497 с. — ЭБС BOOK.ru. — URL: <https://book.ru/book/938856> (дата обращения: 07.07.2022). — Текст: электронный.
4. Соболева Т. С. История и методология прикладной математики и информатики = History and methodology of applied mathematics and informatics : учебное пособие / Т. С. Соболева, А. В. Чечкин; Финуниверситет, Каф. математики ; под ред. А. В. Чечкина. – Москва : Финуниверситет, 2016. - ЭБ Финуниверситета. - URL: http://elib.fa.ru/rbook/soboleva_1671.pdf/view. - (дата обращения: 07.07.2022). - Текст: электронный.

в) Интернет-ресурсы:

1. Электронная библиотека Финансового университета (ЭБ)
<http://elib.fa.ru/>
2. Электронно-библиотечная система BOOK.RU <http://www.book.ru>
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека ОНЛАЙН» <http://biblioclub.ru/>
4. Электронно-библиотечная система Znanium <http://www.znanium.com>
5. Электронно-библиотечная система издательства «ЮРАЙТ»
<https://urait.ru/>
6. Электронно-библиотечная система издательства Проспект
<http://ebs.prospekt.org/books>
7. Электронно-библиотечная система издательства «Лань»
<https://e.lanbook.com/>
8. Электронная библиотека Издательского дома «Гребенников»
<https://grebennikon.ru/>
9. Деловая онлайн-библиотека Alpina Digital <http://lib.alpinadigital.ru/>
10. Научная электронная библиотека eLibrary.ru <http://elibrary.ru>
11. PyTorch <https://pytorch.org>
12. Scaling Python ML workloads <https://www.ray.io>
13. SCIP Optimization Suite <https://scipopt.org>

4. Критерии оценки результатов сдачи кандидатского экзамена

Критерии оценки знаний в ходе ответов на теоретические вопросы: «Отлично» соответствует ответу на теоретический вопрос экзаменационного билета, при котором глубоко и полно раскрыты теоретические и практические аспекты вопроса, проявлен творческий подход к его изложению, и продемонстрирована дискуссионность данной проблематики, а также глубоко и полно раскрыты дополнительные вопросы.

«Хорошо» соответствует ответу на теоретический вопрос экзаменационного билета, при котором недостаточно полно освещены узловые моменты вопроса, вызывают затруднения более глубокое обоснование тех или иных положений или ответы на дополнительные вопросы по данной проблематике.

«Удовлетворительно» соответствует ответу, при котором в малом объеме раскрыты основные положения вопроса, нарушена логика изложения.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется в случае, если материал излагается непоследовательно, неаргументированно, бессистемно, ответы на вопросы выявили несоответствие уровня знаний в части формируемых компетенций по дисциплине, направленной на подготовку к сдаче кандидатского экзамена.

Перед процедурой обсуждения ответов, экзаменующихся каждый член экзаменационной комиссии, выставляет свою персональную оценку для каждого аспиранта, при этом итоговая оценка представляет среднее арифметическое от суммы оценок, выставленных каждым членом комиссии.

Приложение 1

Примерные вопросы для подготовки к сдаче кандидатского экзамена

1. Модели исследования операций. Классификация моделей. Этапы решения задач. Пример формализации прикладной задачи.
2. Математическое программирование, линейное программирование, выпуклое программирование. Примеры задач, где используется данная теория.
3. Точечное и интервальное оценивание параметров распределения. Проверка статистических гипотез.

4. Количественные методы многокритериального анализа результатов моделирования. Достоинства и недостатки. Привести примеры задач с количественными критериями.
5. Модели машинного обучения с подкреплением. Основные характеристики. Алгоритмы решения задач с использованием машинного обучения с подкреплением. Пример задачи машинного обучения с подкреплением.
6. Вычислительные методы линейной алгебры. Численные методы решения систем дифференциальных уравнений.
7. Сплайн-аппроксимация, интерполяция.
8. Метод конечных элементов.
9. Моделирование в нечеткой информационной среде. Нечеткая логика и нечеткие числа в математическом моделировании.
10. Нечеткая линейная регрессия.
11. Численные методы поиска безусловного экстремума. Принципы построения. Классификация.
12. Методы первого порядка: методы градиентного, градиентного наискорейшего, покоординатного спуска, метод Гаусса-Зейделя.
13. Методы метаэвристической оптимизации. Назначение.
14. Примеры задач, требующих применения метаэвристической оптимизации.
15. Мультиагентные модели. Назначение. Основные характеристики. Достоинства и недостатки.
16. Дискретно-событийное моделирование. Назначение. Основные характеристики. Достоинства и недостатки.
17. Модели клеточных автоматов. Принципы реализации. Условия применения. Достоинства и недостатки.
18. Одномерные клеточные автоматы Вольфрама. Примеры практических задач.
19. Динамическое программирование. Цели применения методов динамического программирования. Примеры задач.
20. Методы Монте-Карло для моделирования случайных процессов. Достоинства и недостатки методов.
21. Задача о случайном блуждании.
22. Аксиоматика теории вероятностей. Вероятность, условная вероятность. Независимость.
23. Методы многокритериального анализа результатов моделирования.

24. Качественные методы принятия решений. Достоинства и недостатки. Привести примеры задач с качественными критериями.
25. Модели машинного обучения. Классификация. Условия применения. Примеры задач машинного обучения.
26. Интерполяция и аппроксимация функциональных зависимостей. Численное дифференцирование и интегрирование. Численные методы поиска экстремума.
27. Преобразование Фурье.
28. Преобразование Лапласа.
29. Преобразование Хаара.
30. Вычислительный эксперимент. Принципы проведения вычислительного эксперимента.
31. Представление о языках программирования высокого уровня. Пакеты прикладных программ.
32. Языки программирования высокого уровня. Классификация, характеристики. Пакеты прикладных программ, комплексы программ. Основные характеристики.
33. Численные методы решения систем нелинейных уравнений. Метод простой итерации. Метод Зейделя. Метод Ньютона и его модификации.
34. Реляционный подход к организации БД. Методы проектирования реляционных баз данных (нормализация, семантическое моделирование данных, ER-диаграммы).
35. Языки программирования в СУБД, их классификация и особенности. Стандартный язык баз данных SQL.
36. Методы интеграции программного обеспечения в комплексы программ. Примеры интеграционных решений.
37. Комплексы программ для реализации математических моделей на суперэвм. Гибридные вычислительные системы.
38. Парадигмы программирования. Технологии интеграции в комплексах программ с различными парадигмами.
39. Модели машинного обучения с учителем
40. Модели машинного обучения без учителя
41. Модели кластеризации
42. Классификация моделей глубокого обучения
43. Модели рекуррентных нейронных сетей
44. Использование радиальных базисных функций в моделях глубокого машинного обучения

45. Методы понижения размерности в задачах моделирования
46. Гиперпараметрическая оптимизация моделей
47. Методы понижения размерности
48. Оценка результатов имитационного моделирования
49. Аугментация при формировании моделей глубокого обучения
50. Методы понижения дисперсии. Метод зависимых испытаний в имитационном моделировании