**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное**

**учреждение высшего образования**

**«Астраханский государственный университет имени В.Н. Татищева»**

**(Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева)**

**РАЗРАБОТАНА УТВЕРЖДЕНО**

|  |  |
| --- | --- |
| Кафедрой информационных технологий  (заседание кафедры от «06» декабря 2024 г., протокол №7) | Ученым советом факультета цифровых технологий и кибербезопасности  от «12» декабря 2024 г., протокол № 4 |

**ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА**

**2.3.1 Системный анализ, управление и обработка информации, статистика**

Астрахань – 2024 г.

Программа кандидатского экзамена и список основной и дополнительной литературы обновлен с учетом развития науки, культуры, экономики, техники, технологий и социальной сферы.

Форма контроля: кандидатский экзамен

Трудоемкость в ЗЕ – в соответствии с учебным планом.

Программу разработали:

Ажмухамедов И.М., профессор, д.т.н., профессор кафедры информационных технологий;

Марьенков А.Н., доцент, к.т.н., доцент кафедры информационных технологий;

Ханова А.А., доцент, д.т.н., профессор кафедры информационных технологий.

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

Кандидатский экзамен является составной частью аттестации научных и научно-педагогических кадров. Цель экзамена – установить глубину профессиональных знаний аспиранта (соискателя) ученой степени, уровень его подготовленности к самостоятельной научно-исследовательской работе.

Сдача кандидатского экзамена обязательна для присуждения ученой степени кандидата технических наук и проводится до представления диссертационной работы в совет по защите диссертации.

Структура кандидатского экзамена по специальности предполагает проверку знаний по экзаменационному билету и собеседование по индивидуальной программе аспиранта

(соискателя).

Экзаменационный билет содержит 3 вопроса по представленным в программе разделам в соответствии с типовой программой. Время подготовки устного ответа аспиранта (соискателя) – 45-60 минут.

Собеседование по индивидуальной программе проводится по теме выполняемого диссертационного исследования аспиранта (соискателя). Цель собеседования – проверка у аспиранта (соискателя) теоретических знаний по теме диссертационного исследования, практических навыков применения методов и ряда специальных методик в ходе конкретного технического исследования.

**ОСНОВНЫЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ**

|  |  |
| --- | --- |
| **Балл** | **Критерии оценивания** |
| 5  (отлично) | Ответ полный, без замечаний, хорошо структурированный, продемонстрировано хорошее знание теоретических подходов к анализу и решению рассматриваемой проблемы, проиллюстрировано примерами, даны аргументированные, полные и логичные ответы на вопросы членов комиссии, проявлено творческое отношение к предмету. |
| 4  (хорошо) | Ответ полный с незначительными замечаниями, недостаточно структурирован, продемонстрировано знание основных теоретических подходов к анализу и решению рассматриваемой проблемы, проиллюстрировано примерами, ответы на вопросы членов комиссии даны с незначительными замечаниями. |
| 3  (удовлетворительно) | В ответе есть упущения, ответ недостаточно структурирован, знание основных теоретических под ходов к анализу и решению  рассматриваемой проблемы продемонстрировано с упущениями, есть затруднения при практическом применении теории, есть затруднения при ответе на вопросы комиссии. |
| 2  (неудовлетворительно) | В ответе есть значительные упущения и неточности, многие основные положения теоретических подходов к анализу и решению рассматриваемой проблемы не представлены или в их выводе допущены ошибки, ответ не структурирован, ответы на вопросы комиссии отсутствуют. |

**СОДЕРЖАНИЕ**

**Основная программа**

В основу данной программы положены следующие разделы вузовских дисциплин: типы математических моделей и методы их построения; методы анализа решений уравнений, описывающих модели; процедура оценки различных показателей решения уравнений и систем уравнений; модели систем управления и их анализ; основы теории систем; основные понятия теории моделирования, современное состояние и общая характеристика проблемы моделирования систем; математические методы моделирования процессов и систем; непрерывно-детерминированные модели; статистическое моделирование на ЭВМ; дискретно-стохастические модели; непрерывно-стохастические модели.

1. *Математические основы системного анализа и управления*

Элементы теории множеств. Понятие множества, операции над множествами. Конечные и бесконечные множества. Бинарные отношения. Понятие мощности множества. Эквивалентность множеств. Упорядоченность. Аксиомы выбора.

Основы функционального анализа. Типы пространств (топологическое, метрическое, линейное, нормированное). Сходимость и полнота. Гильбертово пространство. Линейные операторы и функционалы, их свойства. Обратные операторы. Теорема о неявной функции. Принцип сжатых отображений, теорема о неподвижной точке.

Дифференциальные уравнения. Теоремы существования и единственности решения задачи Коши для систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Решение линейной неоднородной задачи Коши. Непрерывность и дифференцируемость решений по параметрам и начальным данным. Аналитические и численные методы решения линейных и нелинейных начальных и краевых задач для систем дифференциальных уравнений.

Математическое программирование. Основы теории и численные методы. Элементы выпуклого анализа. Методы безусловной минимизации: метод наискорейшего спуска, метод сопряженных градиентов. Метод Ньютона. Линейное программирование. Типовые задачи линейного программирования. Теоремы двойственности. Нелинейное программирование. Теорема Куна-Таккера. Седловая точка функции Лагранжа. Численные методы: метод штрафных функций, метод проекции возможных направлений, метод сопряженного градиента, метод проекции градиента, метод линеаризации, методы глобальной оптимизации. Целочисленное программирование. Метод отсекающих плоскостей и метод ветвей и границ в целочисленном программировании.

Элементы теории вероятностей и случайных процессов. Пространство элементарных событий. Случайные величины и функции распределения. Независимость событий и случайных величин. Испытания Бернулли. Числовые характеристики случайных величин. Закон больших чисел. Центральная предельная теорема. Теорема Пуассона. Дискретные цепи Маркова. Эргодическая теорема для цепей Маркова.

1. *Системный анализ*

Понятие о системном подходе. Выделение системы из среды. Понятие целостности. Системные понятия: вход, выход, обратная связь, ограничения. Описание систем. Общая схема системного подхода. Построение моделей. Критерии и альтернативы.

Методы моделирования в системном анализе. Модели стоимости и эффективности. Синтез стоимости и эффективности. Оптимизационные и имитационные модели. Детерминированные и стохастические модели. Марковские модели. Языки моделирования: их основные особенности, достоинства и недостатки.

Многокритериальная оптимизация. Виды оценок и шкал. Построение множества эффективных вариантов. Важность критериев. Компенсация критериев по относительной важности критериев. Свертка критериев. Векторная оптимизация. Условия парето-оптимальности. Приближенное построение паретовской границы. Замещение критериев по важности.

Основные понятия теории игр. Игры двух лиц с нулевой суммой. Теорема о минимаксе. Смешанные стратегии. Равновесие Нэша. Дифференциальные игры.

1. *Моделирование сложных систем*

Моделирование как метод научного познания. Основные понятия. Принципы системного подхода в моделировании систем. Методы и средства моделирования процессов и систем. Характеристики моделей систем. Классификация видов моделирования систем по различным признакам. Моделирование систем на ЭВМ: средства моделирования, обеспечение моделирования, возможности машинного моделирования. Формализация объекта исследования. Математическая модель. Обзор основных подходов к построению математических моделей процессов и систем. Построение непрерывно-детерминированных моделей процессов и систем (на примере дифференциальных уравнений). Анализ процессов и систем с помощью непрерывно-детерминированных моделей: исследование на устойчивость, определение показателей качества функционирования в переходном и установившемся режиме. Синтез систем на основе заданных требований к качеству.

Построение дискретно-детерминированных моделей процессов и систем (на примере конечных автоматов). Определение, способы задания и виды конечных автоматов. Возможные приложения. Построение сетевых моделей дискретных процессов и систем (на примере сетей Петри). Определение и способы задания сетей Петри. Анализ процессов и систем с помощью сетей Петри: исследование на безопасность, сохранение, достижимость. Сущность метода статистического моделирования. Методы генерации последовательностей псевдослучайных чисел. Требования к генератору случайных чисел. Моделирование случайных воздействий на системы: моделирование случайных событий, моделирование случайных величин с заданным законом распределения, моделирование случайных векторов.

Построение дискретно-стохастических моделей процессов и систем (на примере вероятностных автоматов и цепей Маркова). Применение дискретно-стохастических моделей в задачах принятия решений (на примере марковской задачи принятия решений). Построение непрерывно-стохастических моделей процессов и систем (на примере систем массового обслуживания). Определение функциональных характеристик систем массового обслуживания. Использование результатов исследования для оптимизации системы. Агрегативный подход. Описание агрегата и моделирование его функционирования. Агрегативные системы.

1. *Специальная часть*

Методы принятия решений в условиях неопределенности. Гарантированные и равновесные решения, нечеткие множества. Планирование эксперимента на основе критерия Байеса. Гарантированные решения по критериям Вальда, Севиджа, Гурвица.

Оптимальная фильтрация сигналов. Линейные непрерывные и цифровые фильтры, оптимальные по критерию максимума отношения сигнал/шум. Фильтры, оптимальные по критерию минимума среднего квадрата ошибки. Фильтр Колмогорова-Винера. Условия физической реализуемости фильтра. Рекурсивные и нерекурсивные фильтры. Фильтры, оптимальные по критерию минимума среднего квадрата ошибки. Фильтр Калмана. Уравнения Риккати и методы их решения. Непрерывные и цифровые модификации фильтров. Гарантированное оценивание.

Нечеткие множества. Принадлежность множеству. Свойства нечетких множеств. Прикладные задачи нечеткой логики. Формы представления нечетких множеств и их компьютерная реализация.

Нечеткие контроллеры. Нечеткие системы управления. Гибридные системы регулирования. Нечеткая логика в задаче фильтрации.

**Дополнительная программа**

В дополнительной (индивидуальной) программе должны быть отражены последние достижения в области науки, в рамках которой проведено диссертационное исследование, использована новейшая научная отечественная и зарубежная литература, интернет издания, а также справочно-информационные издания по соответствующей тематике.

Индивидуальная программа разрабатывается научным руководителем аспиранта (соискателя) на основании диссертационного исследования аспиранта (соискателя) и должна быть предоставлена на кафедру информационных технологий не позднее, чем за 2 недели до даты сдачи кандидатского экзамена по специальности в печатном и электронном виде.

Индивидуальная программа должна содержать:

Титульный лист с указанием автора(ов) программы, номера и даты протоколы утверждения индивидуальной программы аспиранта (соискателя) на заседании кафедры цифровых технологий (приложение 1).



Перечень вопросов, раскрывающих содержание диссертации, используемые методы научного исследования и последние достижения в научной отрасли, в рамках которой проведено диссертационное исследование. В программе рекомендуется выделить не менее 2 разделов, в каждом их которых не менее 10 вопросов по научной специальности.



Список используемой литературы (не менее 10 наименований за последние 6 лет, в том числе на иностранном языке), который включает в себя: журналы, рекомендованные ВАК; научные и учебные издания; перечень электронных ресурсов. Оформляется в соответствии с действующими требованиями и правилами составления библиографических записей, описаний электронных ресурсов.



Вопросы индивидуальной программы не должны дублировать основную программу.

**ЛИТЕРАТУРА**

**Основная**

1. Брайсон А., Хо Ю-Ши. Прикладная теория оптимального управления. – М.: Мир, 1972.
2. Васильев Ф.П. Методы оптимизации. – М.: Факториал Пресс, 2005.
3. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. – М.: Логос, 2002.
4. Боровков А.А. Математическая статистика: учебник для вузов / А.А. Боровков. – 5-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2021.
5. Бочаров П.П. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие / П.П. Бочаров, А.В. Печинкин. – 2-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005.
6. Кобелев, Н.Б. Основы имитационного моделирования сложных экономических систем [Электронный ресурс] / Н.Б. Кобелев. - М.: Вузовский учебник, 2015 - 139 с. - Режим доступа: http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=514320/
7. Управление качеством информационных систем / Исаев Г.Н. - М.:НИЦ ИНФРА-М, 2015 - 200 с. ISBN 978-5-16-103583-2 (online). Режим доступа: http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=521644/
8. Тарасик В. П. Математическое моделирование технических систем: учебник - М.:НИЦ ИНФРА-М, 2016 - 592 с. - (Высшее образование: Бакалавриат) ISBN 978-5-16-011996-0 Режим доступа: http://znanium.com/bookread2.php?book=549747/

**Дополнительная**

1. Моделирование оценки качества информационных систем / Исаев Г.Н. - М.:НИЦ ИНФРА-М, 2015 - 230 с. ISBN 978-5-16-103582-5 (online) Режим доступа: http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=521640.
2. Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. М.: Высшая школа, 2001.
3. Волкова В.Н., Денисов А.А. Основы теории систем. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2004.
4. Крянев А.В., Лукин Г.В., Удумян Д.К. Метрический анализ и обработка данных. – М.: Физматлит, 2012.
5. Соколов А.В., Токарев В.В. Методы оптимальных решений. Т.1 – М.: Физматлит, 2010.
6. Ширяев В.И., Ширяев Е.В. Принятие решений: Математические основы. Статистические задачи. – М.: URSS, 2016.
7. Ширяев В.И. Исследование операций и численные методы оптимизации. – М.: URSS, 2017.

**ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К КАНДИДАТСКОМУ ЭКЗАМЕНУ**

1. Элементы теории множеств. Понятие множества, операции над множествами. Конечные и бесконечные множества.
2. Бинарные отношения. Понятие мощности множества. Эквивалентность множеств. Упорядоченность. Аксиомы выбора.
3. Основы функционального анализа. Типы пространств (топологическое, метрическое, линейное, нормированное). Сходимость и полнота. Гильбертово пространство.
4. Линейные операторы и функционалы, их свойства. Обратные операторы. Теорема о неявной функции. Принцип сжатых отображений, теорема о неподвижной точке.
5. Дифференциальные уравнения. Теоремы существования и единственности решения задачи Коши для систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Решение линейной неоднородной задачи Коши.
6. Непрерывность и дифференцируемость решений по параметрам и начальным данным. Аналитические и численные методы решения линейных и нелинейных начальных и краевых задач для систем дифференциальных уравнений.
7. Математическое программирование. Основы теории и численные методы. Элементы выпуклого анализа.
8. Методы безусловной минимизации: метод наискорейшего спуска, метод сопряженных градиентов. Метод Ньютона.
9. Линейное программирование. Типовые задачи линейного программирования. Теоремы двойственности. Нелинейное программирование. Теорема Куна-Таккера. Седловая точка функции Лагранжа.
10. Численные методы: метод штрафных функций, метод проекции возможных направлений, метод сопряженного градиента, метод проекции градиента, метод линеаризации, методы глобальной оптимизации.
11. Целочисленное программирование. Метод отсекающих плоскостей и метод ветвей и границ в целочисленном программировании.
12. Элементы теории вероятностей и случайных процессов. Пространство элементарных событий. Случайные величины и функции распределения. Независимость событий и случайных величин.
13. Испытания Бернулли. Числовые характеристики случайных величин. Закон больших чисел. Центральная предельная теорема. Теорема Пуассона. Дискретные цепи Маркова. Эргодическая теорема для цепей Маркова.
14. Понятие о системном подходе. Выделение системы из среды. Понятие целостности. Системные понятия: вход, выход, обратная связь, ограничения.
15. Описание систем. Общая схема системного подхода. Построение моделей. Критерии и альтернативы.
16. Методы моделирования в системном анализе. Модели стоимости и эффективности. Синтез стоимости и эффективности. Оптимизационные и имитационные модели.
17. Детерминированные и стохастические модели. Марковские модели. Языки моделирования: их основные особенности, достоинства и недостатки.
18. Многокритериальная оптимизация. Виды оценок и шкал. Построение множества эффективных вариантов.
19. Важность критериев. Компенсация критериев по относительной важности критериев. Свертка критериев.
20. Векторная оптимизация. Условия парето-оптимальности. Приближенное построение паретовской границы. Замещение критериев по важности.
21. Основные понятия теории игр. Игры двух лиц с нулевой суммой. Теорема о минимаксе. Смешанные стратегии. Равновесие Нэша. Дифференциальные игры.
22. Моделирование как метод научного познания. Основные понятия. Принципы системного подхода в моделировании систем.
23. Методы и средства моделирования процессов и систем. Характеристики моделей систем. Классификация видов моделирования систем по различным признакам.
24. Моделирование систем на ЭВМ: средства моделирования, обеспечение моделирования, возможности машинного моделирования. Формализация объекта исследования.
25. Математическая модель. Обзор основных подходов к построению математических моделей процессов и систем.
26. Построение непрерывно-детерминированных моделей процессов и систем (на примере дифференциальных уравнений). Анализ процессов и систем с помощью непрерывно-детерминированных моделей: исследование на устойчивость, определение показателей качества функционирования в переходном и установившемся режиме. Синтез систем на основе заданных требований к качеству.
27. Построение дискретно-детерминированных моделей процессов и систем (на примере конечных автоматов). Определение, способы задания и виды конечных автоматов. Возможные приложения.
28. Построение сетевых моделей дискретных процессов и систем (на примере сетей Петри). Определение и способы задания сетей Петри. Анализ процессов и систем с помощью сетей Петри: исследование на безопасность, сохранение, достижимость.
29. Сущность метода статистического моделирования. Методы генерации последовательностей псевдослучайных чисел. Требования к генератору случайных чисел.
30. Моделирование случайных воздействий на системы: моделирование случайных событий, моделирование случайных величин с заданным законом распределения, моделирование случайных векторов.
31. Построение дискретно-стохастических моделей процессов и систем (на примере вероятностных автоматов и цепей Маркова). Применение дискретно-стохастических моделей в задачах принятия решений (на примере марковской задачи принятия решений).
32. Построение непрерывно-стохастических моделей процессов и систем (на примере систем массового обслуживания). Определение функциональных характеристик систем массового обслуживания. Использование результатов исследования для оптимизации системы.
33. Агрегативный подход. Описание агрегата и моделирование его функционирования. Агрегативные системы.
34. Методы принятия решений в условиях неопределенности. Гарантированные и равновесные решения, нечеткие множества.
35. Планирование эксперимента на основе критерия Байеса. Гарантированные решения по критериям Вальда, Севиджа, Гурвица.
36. Оптимальная фильтрация сигналов. Линейные непрерывные и цифровые фильтры, оптимальные по критерию максимума отношения сигнал/шум. Фильтры, оптимальные по критерию минимума среднего квадрата ошибки. Фильтр Колмогорова-Винера.
37. Условия физической реализуемости фильтра. Рекурсивные и нерекурсивные фильтры. Фильтры, оптимальные по критерию минимума среднего квадрата ошибки. Фильтр Калмана.
38. Уравнения Риккати и методы их решения. Непрерывные и цифровые модификации фильтров. Гарантированное оценивание.
39. Нечеткие множества. Принадлежность множеству. Свойства нечетких множеств. Прикладные задачи нечеткой логики. Формы представления нечетких множеств и их компьютерная реализация.
40. Нечеткие контроллеры. Нечеткие системы управления. Гибридные системы регулирования. Нечеткая логика в задаче фильтрации.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 **МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное**

**учреждение высшего образования**

**«Астраханский государственный университет имени В.Н. Татищева»**

УТВЕРЖДАЮ

И.о. заведующего кафедрой

информационных технологий

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ О.Н. Выборнова «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_ г.

ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ПРОГРАММА

для сдачи кандидатского экзамена по направлению

(шифр, наименование специальности)

аспиранта (соискателя) кафедры\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ (наименование кафедры)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(ФИО аспиранта (соискателя) в родительном падеже)

Тема диссертации: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Составитель программы:**

Научный руководитель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ /\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/

(подпись) (/ученая степень, ученое звание, ФИО)

**Согласовано:**

Руководитель аспирантуры \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ /\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/

(подпись) (/ученая степень, ученое звание, ФИО)

Индивидуальная программа утверждена на заседании кафедры информационных технологий, протокол №\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_ г.

Астрахань 20\_\_

Продолжение приложения 1

**ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ**

НАЗВАНИЕ ПЕРВОГО РАЗДЕЛА

Вопрос 1

Вопрос 2

Вопрос 3

Вопрос 4

Вопрос 5

Вопрос 6

Вопрос 7

Вопрос 8

Вопрос 9

Вопрос 10

…..

НАЗВАНИЕ ВТОРОГО РАЗДЕЛА

Вопрос 1

Вопрос 2

Вопрос 3

Вопрос 4

Вопрос 5

Вопрос 6

Вопрос 7

Вопрос 8

Вопрос 9

Вопрос 10

…..

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. …..
2. …..
3. ……