

Минобрнауки России
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр
Российской академии наук»
(КарНЦ РАН)

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор КарНЦ РАН
член-корр. РАН

О.Н. Бахмет

« 01 » августа 20 22 г.



**ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
«ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА, КИБЕРНЕТИКА»**

**НАУЧНАЯ СПЕЦИАЛЬНОСТЬ
1.2.3. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА, КИБЕРНЕТИКА**

г. Петрозаводск
2022

Пояснительная записка

Программа кандидатского экзамена по научной специальности **1.2.3 Теоретическая информатика, кибернетика** включает основную и дополнительную программы. Основная программа разрабатывается на основании программы–минимум кандидатского экзамена по научной специальности, утвержденной Министерством образования и науки Российской Федерации. Дополнительная программа, разрабатывается индивидуально для каждого экзаменуемого и включает вопросы по научному направлению, по которому подготавливается научно-квалификационная работа (диссертация).

Основная программа кандидатского экзамена составлена на основании следующих документов:

– Федеральный закон РФ от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;

– Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20.10.2021 № 951 «Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)»;

– Постановление Правительства РФ от 30 ноября 2021 г. № 2122 «Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)»

– Положение о кандидатских экзаменах (принято Ученым советом КарНЦ РАН 25.05.2018, протокол № 7).

В основу настоящей программы положены следующие разделы: математическое программирование, исследование операций, теория игр, оптимальное управление, дискретная оптимизация, теория функциональных систем, комбинаторный анализ, теория графов, теория кодирования, управляющие системы, дизъюнктивные нормальные формы, синтез и сложность управляющих систем, эквивалентные преобразования управляющих систем, надежность и контроль функционирования управляющих систем, математическая экономика.

Составители программы:

Павлов Юрий Леонидович – доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник ИПМИ КарНЦ РАН;

Кириллов Александр Николаевич – доктор физико-математических наук, доцент, ведущий научный сотрудник ИПМИ КарНЦ РАН;

Мазалов Владимир Викторович – доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник ИПМИ КарНЦ РАН;

Ретгиева Анна Николаевна – доктор физико-математических наук, доцент, ведущий научный сотрудник ИПМИ КарНЦ РАН;

Чеплюкова Ирина Александровна – кандидат физико-математических наук, доцент, старший научный сотрудник ИПМИ КарНЦ РАН.

1. Математическое программирование

Теоремы о достижении нижней грани функции (функционала) на множестве (в E^N , в метрических пространствах, в гильбертовых пространствах).

Выпуклые множества, выпуклые функции, сильно выпуклые функции, их свойства.

Критерии оптимальности в гладких выпуклых задачах минимизации (в форме вариационного неравенства).

Правило множителей Лагранжа.

Теорема Куна-Таккера, двойственная задача, ее свойства.

Метод проекции градиента (в E^N , в гильбертовом пространстве).

Метод Ньютона.

Метод покоординатного спуска.

Метод штрафных функций.

Метод барьерных функций.

Метод динамического программирования.

Устойчивость задач оптимизации. Метод стабилизации (регуляризация по Тихонову).

Линейное программирование. Симплекс-метод. Двойственные задачи линейного программирования.

2. Исследование операций, теория игр

Антагонистические игры. Матричные игры, теорема о минимаксе.

Выпукло-вогнутые антагонистические игры. Теорема существования седловой точки.

Бескоалиционные игры n лиц. Равновесие по Нэшу.

Принцип гарантированного результата. Минимаксные задачи.

Многокритериальная оптимизация. Оптимальность по Парето. Лексикографический подход.

Кооперативные игры (с-ядро, вектор Шепли).

Задача распределения ресурсов (модель Гросса, принцип уравнивания Гермейера).

Иерархические игры.

Потоки в сетях (теорема Форда-Фалкерсона, задача и алгоритмы поиска кратчайшего пути в графе, задача составления расписаний, транспортная задача).

3. Оптимальное управление

Постановка задач оптимального управления, их классификация.

Принцип максимума Понтрягина. Краевая задача принципа максимума.

Линейная задача быстрого действия, ее свойства (существование решения, число переключений).

Принцип максимума и вариационное исчисление.

Управляемость и наблюдаемость в линейных системах, их взаимосвязь (взаимодвойственность). Теоремы Калмана, Красовского.

Метод динамической регуляризации в задаче наблюдения.

Дифференциальные игры.

4. Дискретная оптимизация

Целочисленное линейное программирование (метод Гомори, свойства унимодулярности матрицы ограничений).

Метод ветвей и границ (на примере задач целочисленного или булева линейного программирования).

Временная сложность решения задач дискретной оптимизации. Основные классы сложности (P, NP, NPC).

NP-трудные задачи (задача о рюкзаке, задача коммивояжера).

5. Теория функциональных систем

Проблема полноты. Теорема о полноте систем функций двузначной логики P2.

Алгоритм распознавания полноты систем функций k -значной логики Pk.

Теорема Слупецкого.

Особенности k -значных логик.

Автоматы. Регулярные события и их представление в автоматах.

Эксперименты с автоматами.

Алгоритмическая неразрешимость проблемы полноты для автоматов.

Вычислимые функции. Эквивалентность класса рекурсивных функций и класса функций, вычислимых на машинах Тьюринга.

Алгоритмическая неразрешимость проблемы эквивалентности слов в ассоциативных исчислениях.

6. Комбинаторный анализ и теория графов

Основные комбинаторные числа.

Оценки и асимптотики для комбинаторных чисел.

Графы и сети. Оценки числа графов и сетей различных типов.

Плоские и планарные графы. Формула Эйлера для плоских графов. Необходимые условия планарности в теореме Понтрягина-Куратовского (без доказательства достаточности).

Экстремальная теория графов. Теорема Турана.

Теорема Рамсея.

7. Теория кодирования

Алфавитное кодирование. Критерии однозначности декодирования. Неравенство Крафта-Макмиллана.

Оптимальное кодирование. Построение кодов с минимальной избыточностью.

Самокорректирующиеся коды. Граница упаковки. Коды Хемминга, исправляющие единичную ошибку.

Конечные поля и их основные свойства.

Коды Боуза-Чоудхури-Хоквингема.

8. Управляющие системы

Понятие управляющей системы. Основные модельные классы управляющих систем: дизъюнктивные нормальные формы, формулы, контактные схемы, схемы из функциональных элементов, автоматы, машины Тьюринга, операторные алгоритмы. Основные проблемы теории управляющих систем.

9. Дизъюнктивные нормальные формы

Проблема минимизации булевых функций. Дизъюнктивные нормальные формы (ДНФ). Постановка задачи в геометрической форме.

Локальные алгоритмы построения ДНФ. Построение ДНФ $\exists T$ (сумма тупиковых) с помощью локального алгоритма.

Невозможность построения ДНФ $\exists M$ (сумма минимальных) в классе локальных алгоритмов.

10. Синтез и сложность управляющих систем

Асимптотически оптимальный метод синтеза схем из функциональных элементов.

Асимптотически оптимальный метод синтеза контактных схем.

Инвариантные классы и их свойства.

Синтез схем для функций из некоторых инвариантных классов.

Нижние оценки сложности реализации булевых функций параллельно-последовательными контактными схемами.

Нижние оценки сложности реализации булевых функций формулами в произвольном базисе.

11. Эквивалентные преобразования управляющих систем

Эквивалентные преобразования формул двузначной логики P_2 .

Эквивалентные преобразования контактных схем.

Эквивалентные преобразования операторных алгоритмов.

Пример Линдона.

12. Надежность и контроль функционирования управляющих систем

Построение надежных контактных схем из ненадежных контактов.
Логический подход к контролю исправности и диагностике неисправностей управляющих систем. Тесты.

13. Математическая экономика

Модель межотраслевого баланса В.В. Леонтьева. Продуктивные матрицы. Критерии продуктивности. Теорема Фробениуса-Перрона. Свойства числа Фробениуса-Перрона. Теорема об устойчивости примитивных матриц.
Динамическая модель В.В. Леонтьева. Теорема о магистрали Моришимы.
Экономическая интерпретация вектора Фробениуса - Перрона.
Линейные задачи оптимального распределения ресурсов. Экономическая интерпретация двойственности в задачах линейного программирования.
Модель Кокса-Росса-Рубинштейна. Оценка стоимости опциона.
Модель олигополистической конкуренции Курно. Теорема Нэша.
Модель Эрроу-Дебре. Конкурентное равновесие. Сведение вопроса о существовании конкурентного равновесия к решению задачи дополненности. Замкнутость отображений спроса и предложения. Теорема Эрроу-Дебре.
Неподвижные точки. Теоремы Брауэра и Какутани. Лемма Гейла - Никайдо - Дебре.
Теорема Фань-Цзы.
Оптимальность по Парето конкурентного равновесия (первая теорема теории благосостояния). Теорема Дебре (вторая теорема теории благосостояния).
Сравнительная статика в моделях конкурентного равновесия.
Проблемы коллективного выбора. Парадокс Эрроу.
Индексы неравенства и кривая Лоренца. Теорема мажоризации.

Литература

Основная

1. Абрамов Лекции о сложности алгоритмов. Москва. Из-во МЦНМО, 2012
2. Альфред В. Ахо, Моника С. Лам, Рави Сети, Джеффри Д. Ульман. Компиляторы принципы, технологии, инструментарий. Вильямс. 2011.
3. Андерсон Д.А. Дискретная математика и комбинаторика. М.: Вильямс, 2003
4. Васин А.А., Морозов В.В. Теория игр и модели математической экономики. М. 2005
5. Карманов В.Г. Математическое программирование. М.: Физматлит, 2008.
6. Кнут Д. Искусство программирования. MMIX RISC-компьютер для нового тысячелетия. Вильямс. 2007.
7. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. М.: Физматлит, 2006.
8. Лебедев В.И. Функциональный анализ и вычислительная математика. М.: Физматлит, 2005.
9. Мазалов В.В. Математическая теория игр и приложения, Санкт-Петербург, Лань, 2010.
10. Мазалов В.В., Менчер А.Э., Токарева Ю.С. Переговоры. Математическая теория. Санкт-Петербург, Лань, 2012.
11. Петров И.Б., Лобанов А.И. Лекции по вычислительной математике. М., 2006.
12. Реттиева А.Н. Оптимальность в динамических и вероятностных моделях. Учебное пособие. Петрозаводск: изд-во ПетрГУ, 2011.
13. Сухарев А.Г., Тимохов А.В., Федоров В.В. Курс методов оптимизации. М.: Физматлит, 2005.

Дополнительная

1. Яблонский С.В. Введение в дискретную математику. М.: Высш. школа, 2001.
Кудрявцев В.В., Алешин С. В., Подколзин А. С. Введение в теорию автоматов. М.: Наука, 1985.
2. Мальцев А. И. Алгоритмы и вычислимые функции. М.: Наука, 1986.
3. Оре О. Теория графов. М.: Наука, 1980.
4. Кибернетический сборник. 1960-1990. Вып. 1-9; вып. 1-28 (новая серия). М.: Мир.
5. Дискретная математика и математические вопросы кибернетики. Т. 1. / Под общ. ред. С. В. Яблонского и О. Б. Лупанова. М.: Наука, 1974.
6. Нигматуллин Р. Г. Сложность булевых функций. М.: Наука, 1991.
7. Проблемы кибернетики. 1959-1984. Вып. 1-41. М.: Наука.
8. Лекции по теории графов / В.А. Емеличев, О.И. Мельников, В.И. Сарванов, Р.И. Тышкевич. М.: Наука, 1990.
9. Труды Математического института им. В. А. Стеклова. Т. 51. М.: Изд-во АН СССР, 1958.
10. Математические вопросы кибернетики. 1988-2001. Вып. 1-10. М.: Наука.
11. Гермейер Ю.Б. Введение в теорию исследования операций. М.: Наука, 1969.
12. Сухарев А.Г., Тимохов А.В., Федоров В.В. Курс методов оптимизации. М.: Наука, 1986.
13. Васильев Ф.П. Методы оптимизации. М.: Факториал, 2002.
14. Карманов В.Г. Математическое программирование. М.: Наука, 2000.
15. Понтрягин Л. Избранные научные труды. Т. 2. М.: Наука, 1988.
16. Тихомиров В.М., Фомин С.В., Алексеев В.М. Оптимальное управление. М.: Наука, 1979.
17. Краснощеков П.С., Петров А.А. Принципы построения моделей. М.: Фазис, 2002.
18. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. М.: Наука, 1981.
19. Морозов В.В. Основы теории игр. М.: Изд-во МГУ, 2002.
20. Пападимитриу Х., Стайглиц К. Комбинаторная оптимизация. М.: Наука, 198 .
21. Никайдо Х. Выпуклые структуры и математическая экономика. М.: Мир, 1972.
22. Ашманов С.А. Введение в математическую экономику. М.: Наука, 1984.
23. Экланд И. Элементы математической экономики. М.: Мир, 1983.
24. Обен Ж.-П. Нелинейный анализ и его экономические приложения. М.: Мир, 1988.
25. Маршалл А., Олкин И. Неравенства, теория мажоризации и ее приложения. М.: Мир, 1983.
26. Мельников А.В. Стохастический анализ и расчет производных ценных бумаг. М.: ТВП, 1997.
27. МакВильмс Ф. Дж., Слоэн Н. Дж. Теория кодов, исправляющих ошибки. М.: Связь, 1979.
28. Лупанов О. Б. Асимптотические оценки сложности управляющих систем. М.: Изд-во МГУ, 1984.

29. Сэведж Дж. Э. Сложность вычислений. М.: Факториал, 1998.
30. Марков А. А. Введение в теорию кодирования. М.: Наука, 1982.
31. Орлов В. А. Простое доказательство алгоритмической неразрешимости некоторых задач о полноте автоматных базисов. // Кибернетика. 1973. № 4. С. 109-113.
32. Редькин Н. П. Надежность и диагностика схем. М.: Изд-во МГУ, 1992.
33. Соловьев Н. А. Тесты (теория, построение, применения). Новосибирск: Наука, 1978.
34. Поляк Б.Т. Введение в оптимизацию. М.: Наука, 1984.

Критерии оценивания

Результаты кандидатского экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Оценка выставляется по следующим основаниям:

Оценка «отлично» – ответ построен логично, в соответствии с планом, показано максимально глубокое знание универсальных, общепрофессиональных и профессиональных вопросов, терминов, категорий, понятий, гипотез, концепций и теорий, установлены содержательные межпредметные связи, выдвигаемые положения обоснованы, приведены убедительные примеры, обнаружен аналитический и комплексный подход к раскрытию материала, сделаны содержательные выводы, продемонстрировано знание основной и дополнительной литературы, в т.ч. зарубежных источников.

Оценка «хорошо» – ответ построен в соответствии с планом, представлены различные подходы к проблеме, но их обоснование недостаточно полно. Установлены межпредметные связи, выдвигаемые положения обоснованы, однако наблюдается непоследовательность анализа и обобщения информации, ответ недостаточно подкреплён примерами. Выводы правильны, продемонстрировано знание основной и дополнительной литературы, в т.ч. зарубежных источников.

Оценка «удовлетворительно» – ответ построен недостаточно логично, план ответа соблюдается непоследовательно, недостаточно раскрыты профессиональные знания. Выдвигаемые положения декларируются, но недостаточно аргументированы, не подкреплены примерами. Не обнаружен аналитический и комплексный подход к раскрытию материала, сделаны выводы, продемонстрировано только знание основной литературы.

Оценка «неудовлетворительно» – ответ построен не логично, план ответа соблюдается непоследовательно, не раскрыты профессиональные знания и умения. Научное обоснование вопросов подменено рассуждениями дилетантского характера. Ответ содержит ряд серьезных неточностей и грубых ошибок. Не обнаружен аналитический и комплексный подход к раскрытию материала, сделанные выводы поверхностны или неверны, не продемонстрировано знание основной и дополнительной литературы.