

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.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«ДИСКРЕТНОЕ И ДИНАМИЧЕСКОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ»**

**НАУЧНАЯ СПЕЦИАЛЬНОСТЬ
1.2.2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ,
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ**

г. Петрозаводск
2022

Разработчик: Реттеева Анна Николаевна, ведущий научный сотрудник ИПМИ КарНЦ
РАН, доктор физико-математических наук, доцент

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения программы аспирантуры

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

Формулировка компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы достижения компетенции)
<p>Владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности</p>	<p>Знать: Основные понятия, модели, алгоритмы и теоретические положения из курса «Дискретное и динамическое программирование», классификацию задач и методов.</p> <p>Уметь: Применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач, грамотно использовать методы дискретного программирования в научных исследованиях.</p> <p>Владеть: Основными методами построения математических моделей планирования и управления динамическими системами и их анализа с помощью современных программных комплексов.</p>
<p>Способность проводить комплексные исследования научно-технических проблем с применением современных информационных технологий</p>	<p>Знать: Основные аспекты дискретного программирования и анализа оптимизационных задач, классификацию моделей дискретной оптимизации, основные методы дискретного программирования, основные информационные технологии.</p> <p>Уметь: Применять полученную теоретическую базу для постановки и решения конкретных практических задач, грамотно использовать современные информационные технологии в научных исследованиях.</p> <p>Владеть: Навыками построения моделей дискретной оптимизации и их исследования с применением современных информационных технологий, навыками использования современных программных комплексов.</p>
<p>Способность к разработке программного обеспечения и алгоритмов интерпретации эксперимента на его основе математической</p>	<p>Знать: Основные аспекты дискретной оптимизации, классификацию методов дискретного программирования, основные методы решения задач дискретной оптимизации, основные принципы динамического программирования.</p> <p>Уметь: Применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач,</p>

<p>модели</p>	<p>грамотно использовать методы дискретной оптимизации в научных исследованиях.</p> <p>Владеть: Навыками разработки программных комплексов, методами решения задач планирования и управления с помощью современных программных комплексов.</p>
<p>Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</p>	<p>Знать: Основные методы дискретного программирования, классификации моделей дискретной оптимизации, основные методы принятия решений, основные принципы математического моделирования.</p> <p>Уметь: Применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач, грамотно использовать методы дискретной оптимизации в научных исследованиях.</p> <p>Владеть: Навыками проведения лабораторного эксперимента, навыками обработки экспериментальных данных с помощью современных программных комплексов.</p>
<p>Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач</p>	<p>Знать: Основные аспекты дискретной оптимизации, классификации моделей дискретного программирования, основные методы принятия решений, основные принципы математического моделирования.</p> <p>Уметь: Применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач, грамотно использовать математические модели дискретного и динамического программирования в научных исследованиях.</p> <p>Владеть: Методами обработки экспериментальных данных и анализа с помощью современных программных комплексов, навыками проведения лабораторного эксперимента.</p>
<p>Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития</p>	<p>Знать: Основные методы дискретного программирования, классификацию моделей дискретной оптимизации, основные методы принятия решений.</p> <p>Уметь: Грамотно использовать математические модели дискретной оптимизации в научных исследованиях, применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач.</p> <p>Владеть:</p>

	Методами обработки экспериментальных данных и анализа с помощью современных программных комплексов, навыками проведения лабораторного эксперимента.
--	---

2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры и язык преподавания

Дисциплина «Дискретное и динамическое программирование» входит в образовательный компонент учебного плана программы аспирантуры по научной специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ и является дисциплиной по выбору. Согласно учебному плану, дисциплина проводится в 3-м и 4-м семестрах.

Изучение дисциплины опирается на знания, умения и навыки, приобретенные при освоении образовательной программы предыдущего уровня.

Язык преподавания – русский.

3. Виды учебной работы и тематическое содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы или 72 академических часа.

3.1. Виды учебной работы

Виды учебной работы	Объем в академических часах
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	72
В том числе:	
Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем). Всего	63
В том числе:	
Лекции (Л)	36
Практические занятия (Пр)	18
Лабораторные занятия (Лаб)	0
Вид промежуточной аттестации	зачет
Самостоятельная работа обучающихся (СР) (всего)	18
В том числе:	
Самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовка к занятиям	9
Подготовка к промежуточной аттестации	9

3.2. Краткое содержание дисциплины по разделам и видам учебной работы

Раздел дисциплины	Трудоемкость по видам учебных	Оце ночи ое сред ство

	(тематический модуль)	занятий (в академических часах)					
		Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа обучающихся	
Семестры № 3, 4							
1	Модели и методы дискретного программирования.	47	24	14	0	12	коллоквиумы, собеседования, практические работы
2	Задачи и методы динамического программирования.	25	12	4	0	6	коллоквиумы, собеседования, практические работы
Вид промежуточной аттестации в семестре: зачет							
	Итого:	72	36	18	0	18	

3.3. Содержание аудиторных занятий

Содержание лекционных занятий

№ раздела	№ лекции	Основное содержание	Количество часов	В т.ч. с использованием ДОТ (*)
Семестры № 3, 4				
1	1-2	Основные модели и методы дискретного программирования.	4	0
1	3-4	Методы отсечений.	3	0
1	4-5	Методы ветвей и границ.	3	0
1	6	Переборные алгоритмы.	2	0
1	7	Приближенные методы решения и метаэвристики.	2	0
1	8-9	Задачи транспортного типа и управления запасами.	3	0
1	9-11	Структуры данных и реализация алгоритмов решения задач дискретного программирования.	4	0
1	11-12	Прикладные задачи дискретного программирования.	3	0
2	13-14	Основные задачи и методы динамического программирования.	4	0
2	15	Матроиды и жадные алгоритмы.	2	0
2	16-17	Структуры данных и реализация алгоритмов решения задач динамического программирования.	3	0

2	17-18	Прикладные задачи динамического программирования.	3	0
Итого:			36	0

Содержание практических (или семинарских) занятий

№ раздела	№ занятия	Основное содержание	Количество часов	В т.ч. с использованием ДОТ (*)
Семестры № 3, 4				
1	1-3	Методы дискретного программирования и их реализация.	4	0
1	3-5	Методы отсечений и методы ветвей и границ.	4	0
1	5-7	Переборные алгоритмы и приближенные методы решения.	4	0
1	8-9	Прикладные задачи дискретного программирования.	2	0
2	10-12	Алгоритмы динамического программирования и их реализация.	2	0
2	12-14	Прикладные задачи динамического программирования.	2	0
Итого:			18	0

3.4. Организация самостоятельной работы обучающегося

№ раздела	Основное содержание	Количество часов	В т.ч. с использованием ДОТ (*)
Семестры № 3, 4			
1	Модели и методы дискретного программирования. Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение по основной и дополнительной литературе, подготовка к практическим занятиям.	6	0
2	Задачи и методы динамического программирования. Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение по основной и дополнительной литературе, подготовка к практическим занятиям.	3	0
1-2	Подготовка к зачёту по курсу.	9	0
Итого:		18	0

4. Образовательные технологии по дисциплине

Лекции, коллоквиумы, практические работы, собеседования, зачет. В течение семестра обучающиеся решают задачи, указанные преподавателем, к каждому семинару.

Внеаудиторная работа обучающихся сопровождается рекомендацией литературы для самостоятельного изучения.

5. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

5.1. Текущий контроль осуществляется преподавателем дисциплины при проведении занятий в форме: коллоквиумы, собеседования, практические работы.

Оценочные средства для текущего контроля.

Вопросы к коллоквиуму:

1. Особенности построения математических моделей дискретного программирования.
2. Теоретические основы и классификация методов решения задач дискретного программирования.
2. Метод ветвей и границ и его модификации.
3. Двойственные схемы декомпозиции.
4. Оптимизация перестановок (задача о коммивояжере, задача о назначениях).
5. Задачи транспортного типа (задачи размещения, поиска наибольшего потока и пр.).
6. Приближенные методы решения задач и использование метаэвристик.
7. Общая задача динамического программирования. Рекуррентное соотношение Беллмана.
8. Условия разрешимости уравнения Беллмана и применение для решения задач динамического программирования.
9. Задачи раскроя и комплектации материалов.
10. Динамические модели с одним параметром.
11. Рекуррентные соотношения на графах.
12. Динамические модели с несколькими параметрами.
13. Связь динамического программирования и переборных алгоритмов.

Вопросы к собеседованию:

1. Основы методов отсечения.
2. Переборные алгоритмы решения задач дискретного программирования.
3. Структуры данных и реализация переборных алгоритмов решения задач дискретного программирования.
4. Матроиды и жадные алгоритмы решения задач динамического программирования.
5. Теория двойственности и особенность выпуклых многогранников в методах динамического программирования.
6. Примеры прикладных задач динамического программирования. Классификация задач и методов динамического программирования.
7. Задача управления запасами.
8. Задачи теории расписаний.
9. Прикладные практические задачи динамического программирования. Задача раскроя ленты гофропалатки. Задача раскроя лесосырья на пиломатериалы и пр.
10. Динамика по множествам.
11. Приложения к теории игр и теории планирования экспериментов.

Задания к практическим работам:

1. Методы Гомори в задаче о коммивояжере, задаче о назначении.
2. Метод ветвей и границ для задачи коммивояжера, ранца. Метод Ленд и Дойг для задачи о ранце.
3. ϵ -оптимальный алгоритм ветвей и границ для задачи о ранце, приближенные алгоритмы: поиск с запретами, алгоритм имитации отжига, генетический алгоритм, локальный поиск.
4. Постановка и решение задачи раскрытия лесосырья на пиломатериалы для деревообрабатывающего предприятия региона.
5. Жадные алгоритмы для задачи о рюкзаке, модифицированный жадный алгоритм для задачи о рюкзаке и алгоритм с точностью $3/4$.
6. Постановка и решение задачи распределения ресурсов между проектами для предприятия региона.

5.2. Промежуточная аттестация проводится в виде: зачет.

Подробно средства оценивания для проведения промежуточной аттестации обучающихся приведены в Фонде оценочных средств по данной дисциплине.

6. Методические рекомендации обучающимся по дисциплине, в том числе для самостоятельной работы

Самостоятельная работа включает следующие виды работ:

- работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы;
- выполнение домашнего задания - выполнению практических работ, выдаваемых на практических занятиях;
- чтение статей, рекомендованных преподавателем, по темам для самостоятельного изучения;
- подготовка к зачету.

Рекомендации обучающимся при освоении лекционного материала:

- конспектирование основного содержания лекций;
- для лучшего усвоения материала после лекции рекомендуется прочесть конспект и соответствующий параграф или главу учебника.

7. Методические рекомендации преподавателям по дисциплине

Практические работы, коллоквиумы и собеседования оцениваются по системе: зачтено, не зачтено. Зачет оценивается по системе: неудовлетворительно, удовлетворительно.

Самостоятельная работа обучающихся должна быть направлена на решение следующих задач:

- развитие навыков работы с разноплановыми источниками;
- осуществление эффективного поиска информации;
- развитие навыков самостоятельной работы с периодическими источниками, в том числе, на иностранном языке.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Дисциплина полностью обеспечена учебной литературой, представленной в печатном или электронном виде. Для осуществления образовательной деятельности по дисциплине рекомендуется следующая основная и дополнительная литература.

8.1. Основная литература:

1. Поляк, Б. Т. Введение в оптимизацию. - Изд. 2-е, испр. и доп. - Москва: URSS, 2014. - 386 с.
2. Нестеров, Ю. Е. Введение в выпуклую оптимизацию. - Москва: Издательство МЦНМО, 2010. - 278 с.
3. Горелик, В. А. Исследование операций и методы оптимизации. Москва: Академия, 2013. - 271 с.

8.2. Дополнительная литература:

1. Васильев, Ф. П. Методы оптимизации Ч. I, Конечномерные задачи оптимизации. Принципы максимума. Динамическое программирование. - Изд. новое, перераб. и доп. - Москва: Издательство МЦНМО, 2011. - 619 с.
2. Васильев, Ф. П. Методы оптимизации Ч. II, Оптимизация в функциональных пространствах. Регуляризация. Аппроксимация. - Изд. новое, перераб. и доп. - Москва : Издательство МЦНМО, 2011. - с. 628-1056.
3. Бахвалов Н. С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы: учебное пособие - 7-е изд. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 636 с.
4. Бахвалов Н. С., Лапин А.В., Чижонков Е.В. Численные методы в задачах и упражнениях: учебное пособие для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 240 с.
5. Карманов, В.Г. Математическое программирование. - 5-е изд., стереотип. - Москва: Физматлит, 2001. - 263 с.
6. Мажукин, В. И. Математическое моделирование в экономике: учебное пособие / В. И. Мажукин, О. Н. Королева, Ч. 1: Численные методы и вычислительные алгоритмы. Ч. 2: Лабораторный практикум по численным методам и вычислительным алгоритмам. - М.: Флинта: Московский психолого-социальный институт, 2008. - 226 с.
7. Мажукин, В. И. Математическое моделирование в экономике: учебное пособие / В. И. Мажукин, О. Н. Королева; Рос. акад. образования, Моск. психол.-соц. ин-т, Ч. 3, Экономические приложения. - 3-е изд. - М.: Флинта: Московский государственный университет, 2008. - 174 с.
8. Соколов, А. В. Методы оптимальных решений: Учебное пособие для вузов: [в 2 т.] / А. В. Соколов, В. В. Токарев. - Москва: Физматлит, 2011. - (Анализ и поддержка решений). - Т. 1: Общие положения. Математическое программирование. - 563 с.
9. Тарасевич, Ю. Ю. Математическое и компьютерное моделирование: вводный курс: учебное пособие для вузов / Ю. Ю. Тарасевич. - Изд. 6-е. - Москва: URSS, 2013. - 148 с.
10. Токарев, В. В. Методы оптимальных решений: Учебное пособие для вузов: [в 2 т.]. - 2-е изд., испр. - Москва: Физматлит, 2011. - (Анализ и поддержка решений). - Т. 2 : Многокритериальность. Динамика. Неопределенность. - 416 с.
11. Шапкин, А. С. Математические методы и модели исследования операций: учебник для вузов / А. С. Шапкин, Н. П. Мазаева. - 4-е изд. - Москва: Дашков и К, 2007. - 396 с.

8.3. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Библиотеки тестовых задач

1. <http://math.nsc.ru/AP/benchmarks/index.html>

2. <http://people.brunel.ac.uk/~mastjjb/jeb/info.html>

Программные средства для решения оптимизационных задач:

12. <http://www.gnu.org/software/glpk/glpk.html>

13. http://groups.yahoo.com/group/lp_solve/.

Перечень программного обеспечения

1) Mathematica

2) C++,Java

3) Средства подготовки и просмотра публикаций (LaTeX, Word)

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база КарНЦ РАН обеспечивает проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работы обучающихся, предусмотренных учебным планом и соответствует действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Минимально-необходимый перечень для информационно-технического и материально-технического обеспечения дисциплины:

- аудитория для проведения лекционных и практических занятий, оснащенная рабочими местами для обучающихся и преподавателя, доской, мультимедийным оборудованием;
- оборудованное рабочее место с доступом в Интернет.