



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности


«07»  С.Т. Князев



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1156694	Методы решения экстремальных задач в технике и экономике

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Математическое моделирование в технике и экономике	Код ОП 1. 01.04.04/33.01
Направление подготовки 1. Прикладная математика	Код направления и уровня подготовки 1. 01.04.04

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Гредасова Надежда Викторовна	канд. физ.-мат. наук	доцент	прикладной математики
2	Сесекин Александр Николаевич	д-р физ.-мат. наук, профессор	профессор	прикладной математики

Согласовано:

Управление образовательных программ



Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Методы решения экстремальных задач в технике и экономике

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль посвящен задачам дискретной оптимизации, методам комбинаторной оптимизации, алгоритмам, основанным на методе динамического программирования, методе ветвей и границ и другим методам. Также рассматриваются эвристические методы решения ряда задач дискретной оптимизации. Курс ориентирован на прикладные задачи, возникающие в энергетике, машиностроении и экономике. Динамическое программирование рассматривается как для дискретных задач, так и для непрерывных

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Дискретная оптимизация	3
2	Динамическое программирование	3
ИТОГО по модулю:		6

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Не предусмотрены
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Динамическое программирование	ОПК-1 - Способен выявлять, формулировать и решать фундаментальные и прикладные задачи в области своей профессиональной деятельности и в	У1(ОПК1) - Уметь применять метод динамического программирования для решения прикладных задач. У2(ОПК2) - Уметь выводить уравнение Баллмана. В1(ОПК3) - Владеть навыками решения

	междисциплинарных направлениях с использованием фундаментальных знаний и практических навыков	методом динамического программирования задач, связанных с профессиональной деятельностью.
	ПК-1 - Способен разрабатывать и исследовать математические модели объектов, систем, процессов и технологий, предназначенных для проведения расчетов, анализа, подготовки решения	З1(ПК1) - Знать основные понятия о динамических системах и их свойствах. В1(ПК1) - Владеть навыками формирования математических моделей для решения статических и динамических задач оптимального управления.
Дискретная оптимизация	ОПК-1 - Способен выявлять, формулировать и решать фундаментальные и прикладные задачи в области своей профессиональной деятельности и в междисциплинарных направлениях с использованием фундаментальных знаний и практических навыков	З2(ОПК1) - Знать постановку задач маршрутизации. У3(ОПК1)-Уметь применять метод ветвей и границ, метод оптимального раскроя для решения прикладных задач.
	ПК-1 - Способен разрабатывать и исследовать математические модели объектов, систем, процессов и технологий, предназначенных для проведения расчетов, анализа, подготовки решения	В2(ПК2) - Владеть навыками решения задач маршрутизации.

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Динамическое программирование

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Сесекин Александр Николаевич	д-р физ.-мат. наук, профессор	профессор	прикладной математики

Рекомендовано учебно-методическим советом института Уральский энергетический

Протокол № 112 от 18.06.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Сесекин Александр Николаевич, профессор, прикладной математики

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*
Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Основы методологии математического и компьютерного моделирования.	Предмет дисциплины «Динамическое программирование». Общая методология математического и компьютерного моделирования, ее реализация. Модели математического программирования, примеры. Модели оптимизации управления в динамических системах, примеры. Сетевые модели, примеры.
P2	Основные понятия о динамических системах и их свойствах.	Основные определения и типы динамических систем. Основные задачи оптимизации управления в динамических системах. Дискретные управляемые динамические системы и их свойства. Вывод формулы Коши для линейной дискретной управляемой динамической системы. Алгоритмы решения задачи Коши и краевой задачи для линейной дискретной управляемой динамической системы. Дифференциальные управляемые динамические системы и их свойства. Вывод формулы Коши для линейной дифференциальной управляемой динамической системы. Алгоритмы решения задачи Коши и краевой задачи для линейной дифференциальной управляемой динамической системы.
P3	Метод динамического программирования для решения задачи целочисленной оптимизации.	Постановка задачи целочисленной оптимизации с линейными ограничениями и аддитивным или мультипликативным функционалом. Общая схема метода динамического программирования для данной задачи. Вывод соответствующего уравнения Беллмана. Организация вычислительного процесса для нахождения значений функции

		Беллмана. Модельные примеры.
P4	Метод динамического программирования для решения задачи оптимального управления дискретной динамической системой.	Постановка задачи оптимального управления линейной дискретной динамической системой с линейным аддитивным терминальным функционалом и выпуклыми ограничениями. Вывод соответствующего уравнения Беллмана. Доказательство оптимальности полученного решения рассматриваемой задачи. Организация вычислительного процесса для нахождения значений функции Беллмана. Модельные примеры.
P5	Метод динамического программирования для решения задачи оптимального управления дифференциальной динамической системой.	Постановка задачи оптимального управления линейной дифференциальной динамической системой с линейным аддитивным терминальным функционалом и выпуклыми ограничениями. Вывод соответствующего уравнения Беллмана. Доказательство оптимальности полученного решения рассматриваемой задачи. Организация вычислительного процесса для нахождения значений функции Беллмана. Модельные примеры.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	Технология анализа образовательных задач	УК-1 - Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий, в том числе в цифровой среде	<p>РО1-3 Демонстрировать понимание основных методов системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций.</p> <p>РО1-У УК1 Выявлять проблемные ситуации, используя методы системного подхода и критического анализа.</p> <p>РО1-В УК1 Использовать эффективные стратегии действий для</p>

				решения проблемной ситуации, в том числе в цифровой среде, с учетом оценки ограничений, рисков и моделируемых результатов.
--	--	--	--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

1.4. Программа дисциплины реализуется .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Динамическое программирование

Электронные ресурсы (издания)

1. Беллман, Р. Динамическое программирование = Dynamic Programming / Р. Беллман ; пер. с англ. И. М. Андреева ; пер. с англ. А. А. Корбут ; пер. с англ. И. В. Романовский ; пер. с англ. И. Н. Соколова ; пер. с англ. Н. Н. Воробьев .— Москва : Издательство иностранной литературы, 1960 .— 400 с. : ил. — <http://biblioclub.ru/> .— <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=447825>>.
2. Струченков, В. И. Динамическое программирование в примерах и задачах / В.И. Струченков .— Москва|Берлин : Директ-Медиа, 2015 .— 276 с. : ил., схем., табл. — Библиогр. в кн .— <http://biblioclub.ru/> .— ISBN 978-5-4475-3820-0 .— <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457741>> .— <http://doi.org/10.23681/457741>>.
3. Васильев, Ф. П. Методы оптимизации : учебник. 1. Конечномерные задачи оптимизации. Принцип максимума. Динамическое программирование / Ф.П. Васильев .— Изд. нов., перераб. и доп. — Москва : МЦНМО, 2011 .— 620 с. — <http://biblioclub.ru/> .— ISBN 978-5-94057-707-2 .— <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=63313>>.

Печатные издания

1. Красовский, Николай Николаевич. Теория управления движением. Линейные системы / Н. Н. Красовский .— М. : Наука : Гл. ред. физ.-мат. лит., 1968 .— 476 с. — Библиогр.: с. 443-472 .— 2-17 .— 20-00 .— 30-00.
2. Беллман, Ричард. Динамическое программирование и современная теория управления / Пер. с англ. Е. Я. Ройтенберга; под ред. Б. С. Разумихина; Р. Беллман, Р. Калаба .— М. : Наука, 1969 .— 118.
3. Красовский Н.Н. Теория управления движением. М.: Наука, 1968 (ЗНБ УрФУ).
4. Беллман Р., Калаба Р. Динамическое программирование и современная теория управления. М.: Наука, 1969 (ЗНБ УрФУ).
5. Беллман Р. Динамическое программирование. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1960 (ЗНБ УрФУ)
6. Беллман Р., Дрейфус С.Е. Прикладные задачи динамического программирования. М.: Наука, 1964 (ЗНБ УрФУ).
7. Болтянский В.Г. Оптимальное управление дискретными системами. М.: Наука, 1973 (ЗНБ УрФУ).
8. Арис Р. Дискретное динамическое программирование. М.: Мир, 1969 (ЗНБ УрФУ).

9. Корбут А.А., Финкельштейн Ю.Ю. Дискретное программирование. М.: Наука, 1969 (ЗНБ УрФУ).
10. Пропой А.И. Элементы теории оптимальных дискретных процессов. М.: Наука, 1973 (ЗНБ УрФУ).
11. Основы теории оптимального управления. Под ред. В.Ф. Кротова. М.: Высшая школа, 990 (ЗНБ УрФУ).
12. Хедли Дж. Нелинейное и динамическое программирование. М.: Мир, 1967 (ЗНБ УрФУ).
13. Зайченко Ю.П. Исследование операций. Киев: Высшая школа, 1988 (ЗНБ УрФУ).
14. Завалищин С.Т. Методы оптимизации. Методические указания. / С.Т. Завалищин, В.В. Ревенко, А.Н. Сесекин Изд-во УГТУ-УПИ. 1998. 41с.
15. Сесекин А.Н. Методы оптимизации. / А.Н. Сесекин. УрФУ. 2012. 114 с

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Реферативная БД Scopus
 Реферативная БД Web of Science
 Реферативная БД Elibrary

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

<https://www.coursera.org/> – массовые открытые онлайн-курсы;
<https://www.edx.org/> – массовые открытые онлайн-курсы;
<https://openedu.ru/> – национальная платформа открытого образования;
<http://poiskknig.ru> – электронная библиотека учебников Мех-Мата МГУ, Москва;
<http://www.mathnet.ru>. – общероссийский математический портал.
<http://lib.urfu.ru> - Зональная научная библиотека УрФУ

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Динамическое программирование

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	Не требуется

		соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Не требуется

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Дискретная оптимизация

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Гредасова Надежда Викторовна	канд. физ.-мат. наук	доцент	прикладной математики

Рекомендовано учебно-методическим советом института Уральский энергетический

Протокол № 112 от 18.06.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Гредасова Надежда Викторовна, доцент, прикладной математики

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*
Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Задачи маршрутизации и жадные алгоритмы	Замкнутые и незамкнутые задачи коммивояжера. Ограничения в виде условий предшествования. Простейшие эвристические алгоритмы
P2	Метод ветвей и границ для задачи коммивояжера	Общая схема метода ветвей и границ. Применение метода ветвей и границ к задаче о коммивояжера. Параллельная реализация метода ветвей и границ для решения задачи коммивояжера
P3	Метод динамического программирования для задачи коммивояжера	Вывод уравнения Беллмана для задачи о коммивояжера. Алгоритм построения функции Беллмана для задачи коммивояжера. Некоторые обобщения: задача обхода мегаполисов
P4	Задачи составления расписаний	Упорядочение конечного числа работ для одной машины. Составление расписания для конвейерной системы с двумя машинами. Алгоритм Джонсона. Сетевые задачи упорядочения. Отыскание критического пути
P5	Методы оптимального раскроя промышленных материалов	Решение задачи линейного раскроя методами линейного программирования. Эвристические алгоритмы для задач линейного раскроя

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология самостоятельной работы Технология анализа образовательных задач	УК-1 - Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий, в том числе в цифровой среде	<p>PO1-3 Демонстрировать понимание основных методов системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций.</p> <p>PO1-У УК1 Выявлять проблемные ситуации, используя методы системного подхода и критического анализа.</p> <p>PO1-В УК1 Использовать эффективные стратегии действий для решения проблемной ситуации, в том числе в цифровой среде, с учетом оценки ограничений, рисков и моделируемых результатов.</p>

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дискретная оптимизация

Электронные ресурсы (издания)

Сигал, И. Х. Введение в прикладное дискретное программирование: модели и вычислительные алгоритмы : учебное пособие / И.Х. Сигал, А.П. Иванова .— 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Физматлит, 2007 .— 304 с. — <http://biblioclub.ru/> .— ISBN 978-5-9221-0808-9 .— <URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69326>>.

Печатные издания

1. Асанов М.О. Дискретная оптимизация : Учеб. пособие /М.О. Асанов.— Екатеринбург : УралНАУКА, 1998 .— 206с. (ЗНБ УрФУ).
2. Асанов М.О. Дискретная математика: графы, матроиды, алгоритмы : учеб. пособие / М. О. Асанов, В. А. Баранский, В. В. Расин .— Изд. 2-е, испр. и доп. — Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2010 .— 368 с. (ЗНБ УрФУ).
3. Зак Ю.А. Прикладные задачи теории расписаний и маршрутизации перевозок / Ю. А. Зак .— Москва : URSS : ЛИБРОКОМ, 2012 .— 393 с. . (ЗНБ УрФУ).
4. Сесекин А.Н. Задачи маршрутизации перемещений [Электронный ресурс] : / А. Н. Сесекин, А. А. Ченцов, А. Г. Ченцов .— Москва : Лань, 2011 .— 256 с. — Допущено УМО по образованию в области прикладной математики и управления качеством в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 230400 — «Прикладная математика».—
<URL:http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=677>.
5. Сигал И.Х. Введение в прикладное дискретное программирование: модели и вычислительные алгоритмы : Учеб. пособие / И. Х. Сигал, А. П. Иванова .— М. : Физматлит, 2002 .— 240 с. (ЗНБ УрФУ).

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Реферативная БД Scopus
Реферативная БД Web of Science
Реферативная БД Elibrary

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

<https://www.coursera.org/> – массовые открытые онлайн-курсы;
<https://www.edx.org/> – массовые открытые онлайн-курсы;
<https://openedu.ru/> – национальная платформа открытого образования;
<http://poiskknig.ru> – электронная библиотека учебников Мех-Мата МГУ, Москва;
<http://www.mathnet.ru>. – общероссийский математический портал.
<http://lib.urfu.ru> - Зональная научная библиотека УрФУ

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дискретная оптимизация

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Не требуется