

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Ректор Белорусского
государственного университета

А.Д.Король

10 июня 2024 г.

Регистрационный №УД-13119/уч.



СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ

Учебная программа учреждения образования
по учебной дисциплине для специальности:

1-31 03 03 Прикладная математика (по направлениям)

Направление специальности

1-31 03 03-01 Прикладная математика

(научно-производственная деятельность)

2024 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 03 03-2021, типового учебного плана №G 31-1-026/пр.-тип. от 30.06.2021 и учебных планов БГУ №G 31-1-030/уч. от 30.06.2021 г., №G 31-1-022/уч. ин. от 23.07.2021.

СОСТАВИТЕЛЬ:

А.И. Калинин, профессор кафедры методов оптимального управления факультета прикладной математики и информатики Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

А.И. Астровский, профессор кафедры высшей математики Учреждения образования «Белорусский государственный экономический университет», доктор физико-математических наук, профессор;

И.К. Асмыкович, доцент кафедры высшей математики Белорусского государственного технологического университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой методов оптимального управления БГУ
(протокол № 10 от 22.05.2024)

Научно-методическим советом БГУ
(протокол №8 от 31.05.2024)

Заведующий кафедрой методов
оптимального управления
Белорусского государственного университета,
кандидат физико-математических наук, доцент

Н.М. Дмитрук

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная дисциплина «Современные методы оптимизации» знакомит студентов с основными методами оптимизации многошаговых процессов - динамическим программированием и методом приращений в пространстве состояний, которые по сути являются локальным динамическим программированием.

Цели и задачи учебной дисциплины

Цели учебной дисциплины «Современные методы оптимизации»:

1. формирование и развитие практико-ориентированной компетентности, позволяющей использовать полученные знания для решения задач в сфере профессиональной и социальной деятельности;
2. формирование логического мышления, позволяющего грамотно анализировать получаемую информацию и делать соответствующие выводы для достижения желаемых результатов;
3. формирование навыков исследовательской и активной профессиональной деятельности, постановки задач, выработки и принятия решений;
4. формирование у студентов знаний, умений и навыков в области математического моделирования и численного решения задач оптимизации многошаговых процессов.

Задачи учебной дисциплины «Современные методы оптимизации»:

1. знакомство с основными прикладными оптимизационными задачами и методами их решения;
2. формирование навыков исследования вышеуказанных задач.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина «Современные методы оптимизации» относится к **дисциплинам специализации** компонента учреждения высшего образования.

Связи с другими учебными дисциплинами, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др.

Дисциплина опирается на знания, полученные студентами при изучении дисциплин: «Численные методы», «Методы оптимизации». Служит базой для выполнения курсовых и дипломных работ.

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Современные методы оптимизации» формирование следующих **универсальных (УК) и специализированных (СК) компетенций:**

УК. Владеть основами исследовательской деятельности, осуществлять поиск, анализ и синтез информации.

УК. Решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе применения информационно-коммуникационных технологий.

СК. Строить и анализировать математические модели для задач принятия оптимальных решений в прикладных областях экономики, обосновывать методы

из теоретического исследования, включающие аппарат математического программирования, теории игр, вариационного исчисления, оптимального управления и упорядочения.

СК. Использовать классические и современные методы численного решения оптимизационных задач в проблемах машинного обучения, реализовать их для решения практических задач.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- математические модели прикладных задач оптимизации;
- современные методы принятия оптимальных решений;

уметь:

- составлять математические модели прикладных оптимизационных задач;
- применять методы оптимизации к решению теоретических и практических задач;

владеть:

- основными методическими приемами, используемыми при математическом моделировании;
- навыками самостоятельной исследовательской работы;
- системным и сравнительным анализом.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 7 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Современные методы» отведено:

– для очной формы получения высшего образования – 90 часов, в том числе 34 аудиторных часа, из них: лекции – 18 часов, лабораторные занятия – 14 часов, управляемая самостоятельная работа – 2 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины 3 зачетные единицы.

Форма промежуточной аттестации – зачёт.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

ВВЕДЕНИЕ.

Цели и задачи курса.

РАЗДЕЛ 1. ДИНАМИЧЕСКОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ.

Тема 1.1 Задача оптимизации многошаговых процессов.

Постановка задачи. Функция и уравнение Беллмана.

Тема 1.2 Стандартная процедура динамического программирования.

Численное решение уравнения Беллмана. Анализ стандартной процедуры.

Тема 1.3 Задача о замене оборудования.

Постановка задачи. Сведение к задаче оптимизации многошаговых процессов. Построение оптимального плана замены оборудования с помощью динамического программирования.

Тема 1.4 Задача распределения ресурсов.

Постановка задачи. Инвариантное погружение. Решение задачи с помощью динамического программирования.

Тема 1.5 Построение кратчайшего пути на сети.

Постановка задачи. Метод пометок.

Тема 1.6 Задача сетевого планирования.

Задача расчета времени выполнения проекта. Сетевая модель задачи расчета времени выполнения проекта. Решение задачи с помощью динамического программирования.

РАЗДЕЛ 2. МЕТОД ПРИРАЩЕНИЙ В ПРОСТРАНСТВЕ СОСТОЯНИЙ.

Тема 2.1 Задача оптимального управления дискретной системой.

Постановка задачи. Необходимые условия оптимальности. Итерационная процедура улучшения допустимых управлений.

Тема 2.2 Оптимизация линейных систем с управляемой структурой.

Системы с управляемой структурой. Алгоритм улучшений допустимых управлений в линейной и линейно-квадратичной задачах.

Тема 2.3 Применение метода приращений в пространстве состояний к задаче о замене оборудования.

Итерационная процедура улучшения допустимых управлений. Сравнительный анализ динамического программирования и методы приращений в пространстве состояний.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Очная (дневная) форма получения образования с применением
дистанционных образовательных технологий (ДОТ)

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Количество аудиторных часов		Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Лабораторные занятия		
1	Динамическое программирование.				
1.1	Задача оптимизации многошаговых процессов.	2			Устный опрос
1.2	Стандартная процедура динамического программирования.	2	2		Устный опрос Дискуссия
1.3	Задача о замене оборудования.	2	2		Решение задач Расчетно-графическое задание №1
1.4	Задача распределения ресурсов.	2	2		Решение задач Расчетно-графическое задание №2.
1.5	Построение кратчайшего пути на сети.	2	2		Решение задач Контрольная работа
1.6	Задача сетевого планирования.	2	2		Устный опрос Решение задач
2	Метод приращений в пространстве состояний.				
2.1	Задача оптимального управления дискретной системой.	2			Устный опрос
2.2	Оптимизация линейных систем с управляемой структурой	2	2		Устный опрос Дискуссия

2.3	Применение метода приращений в пространстве состояний к задаче о замене оборудования	2	2	2	Решение задач Расчетно-графическое задание №3.
-----	--	---	---	---	---

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Габасов, Р. Основы динамического программирования. Изд. 2-е / Р. Габасов, Ф.М. Кириллова – Москва: ЛЕНАНД, 2021.
2. Калинин, А.И. Об одном методе улучшения допустимых управлений в дискретных системах// Дифференциальные уравнения. – 1978. – Т.14, №2. С. 338 – 344.

Дополнительная литература

3. Альсевич В.В. Методы оптимизации. Учебное пособие/ Р. Габасов, А.И. Калинин, Ф.М. Кириллова, В.В. Крахотко, Н.С. Павленок – Изд-во «Четыре четверти», 2011.
4. Беллман Р. Динамическое программирование и современная теория управления / Р. Беллман, Р. Калаба – Москва: Наука, 1969.
5. Хедли Дж. Нелинейное и динамическое программирование/ Дж. Хедли. – Москва: Мир, 1967.

Перечень используемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Для диагностики компетенций используются следующие формы:

Устная форма:

– устный опрос, дискуссия.

Письменная форма:

– контрольная работа;

– расчетно-графические задания.

– домашние расчетно-графические задания с использованием ЭВМ.

Устно-письменная форма:

– решение задач;

– зачет по учебной дисциплине.

На лекционных занятиях по учебной дисциплине «Современные методы оптимизации» предусматривается изложение теории с включением проблемного подхода к изучению отдельных тем.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Современные методы оптимизации» учебным планом предусмотрен **зачет**.

Для формирования итоговой отметки по учебной дисциплине используется модульно-рейтинговая система оценки знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая система предусматривает использование весовых коэффициентов для текущей и промежуточной аттестации студентов по учебной дисциплине.

Формирование итоговой отметки в ходе проведения контрольных мероприятий текущей аттестации (примерные весовые коэффициенты,

определяющие вклад текущей аттестации в отметку при прохождении промежуточной аттестации):

- устный опрос, решение задач – 20 %;
- расчетно-графические задания – 40 %;
- контрольная работа – 40 %.

Обучающийся допускается к зачету по учебной дисциплине при условии получения положительной (4 и выше) отметки текущей аттестации по дисциплине.

Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе итоговой отметки текущей аттестации (рейтинговой системы оценки знаний) 40% и отметки на зачете 60%.

Примерный перечень заданий управляемой самостоятельной работы студентов

Тема 2.3. Применение метода приращений в пространстве состояний к задаче о замене оборудования (2 часа)

Задание 1. Реализовать итерационную процедуру метода приращений в пространстве состояний в виде алгоритма решения задачи о замене оборудования.

Задание 2. Провести сравнительный анализ динамического программирования и метода приращений в пространстве состояний, выявить их преимущества и недостатки

Форма контроля – решение задач, расчетно-графическое задание № 3.

Перечень используемых средств диагностики результатов управляемой самостоятельной работы студентов: домашние расчетно-графические задания с использованием ЭВМ.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса рекомендуется использовать перечисленные ниже методы и подходы.

Метод учебной дискуссии, который предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме. Использование метода обеспечивает появление нового уровня понимания изучаемой темы, применение знаний (теорий, концепций) при решении проблем, определение способов их решения.

Метод группового обучения, который представляет собой форму организации учебно-познавательной деятельности обучающихся, предполагающую функционирование разных типов малых групп, работающих как над общими, так и специфическими учебными заданиями.

Практико-ориентированный подход, который реализуется в рамках выполнения расчетно-графических заданий, и заключается в математическом моделировании реальных физических, технических и экономических процессов исследовании полученных моделей на устойчивость.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Для обеспечения возможности самостоятельной работы при изучении теории и выполнении лабораторных заданий рекомендуется использовать изданные учебные пособия, размещенные в электронной библиотеке университета.

Для самоконтроля усвоения учебного материала рекомендуется использовать образовательный портал EDUFPMI, где размещены:

- учебно-методические материалы,
- учебные издания для теоретического изучения дисциплины,
- расчетно-графические задания и примеры их решений,
- материалы текущего контроля и текущей аттестации,
- вопросы для подготовки к экзамену.

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Задача оптимизации многошагового процесса.
2. Функция и уравнение Беллмана.
3. Стандартная процедура динамического программирования.
4. Применение динамического программирования к задаче о замене оборудования.
5. Задача оптимального распределения ресурсов.
6. Построение наикратчайшего пути в сети.
7. Задача сетевого планирования.
8. Задача оптимального управления дискретной системой. Необходимые условия оптимальности.
9. Итерационная процедура улучшения допустимых управлений.
10. Линейные системы с управляемой структурой.
11. Применение метода приращений в пространстве состояний к задаче о замене оборудования.
12. Сравнительный анализ динамического программирования и метода приращений в пространстве состояний.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) ¹
Учебная дисциплина не требует согласования			

Заведующий кафедрой
каф. физ.-мат. наук
 (ученая степень, ученое звание)

[Подпись]
 (подпись)

Н. И. Дембчук
 (И.О.Фамилия)

22. мар 20*24* г.

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО
ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на ____ / ____ учебный год

№ П	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 202_ г.)
(название кафедры)

Заведующий кафедрой

(ученая степень, ученое звание)

(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

(ученая степень, ученое звание)

(И.О.Фамилия)