

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учебно-методическое объединение по образованию
в области информатики и радиоэлектроники

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Министра образования
Республики Беларусь

_____ А.Г. Баханович

Регистрационный № _____

ТЕОРИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ СИСТЕМ

**Примерная учебная программа по учебной дисциплине
для специальности**

7-06-0612-03 Системы управления информацией

СОГЛАСОВАНО

Председатель Учебно-методического
объединения по образованию в
области информатики и
радиоэлектроники

_____ В.А. Богуш

СОГЛАСОВАНО

Начальник Главного управления
профессионального образования
Министерства образования
Республики Беларусь

_____ С.Н. Пищов

СОГЛАСОВАНО

Проректор по научно-методической
работе Государственного учреждения
образования «Республиканский
институт высшей школы»

_____ И.В. Титович

Эксперт-нормоконтролер

СОСТАВИТЕЛЬ:

В.С.Муха, профессор кафедры информационных технологий автоматизированных систем учреждения образования «Белорусский государственный университета информатики и радиоэлектроники», доктор технических наук, профессор

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Кафедра методов оптимального управления Белорусского государственного университета (протокол № 5 от 17.12.2024);

С.Ф.Кондратюк, заместитель директора по работе с вузами и развитию персонала общества с ограниченной ответственностью «Софтарекс Технолоджиес»

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ПРИМЕРНОЙ:

Кафедрой информационных технологий автоматизированных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 8 от 16.12.2024);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 6 от 17.01.2025);

Научно-методическим советом по разработке программного обеспечения и информационно-коммуникационным технологиям Учебно-методического объединения по образованию в области информатики и радиоэлектроники (протокол № 5 от 13.01.2025)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

ХАРАКТЕРИСТИКА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Примерная учебная программа по учебной дисциплине «Теория оптимальных систем» разработана для магистрантов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности 7-06-0612-03 «Системы управления информацией» в соответствии с требованиями образовательного стандарта углубленного высшего образования и примерного учебного плана вышеуказанной специальности.

Изучение учебной дисциплины «Теория оптимальных систем» магистрантами специальности 7-06-0612-03 «Системы управления информацией» является актуальным, так как специалисты данной специальности в своей профессиональной деятельности должны ориентироваться на то, чтобы любая система управления имела наилучшие свойства. По выражению Л. Эйлера, «в мире не происходит ничего, в чем не был бы виден смысл какого-нибудь максимума или минимума».

Воспитательное значение учебной дисциплины «Теория оптимальных систем» заключается в формировании у обучающихся математической культуры и научного мировоззрения; развитии исследовательских умений, аналитических способностей, креативности, необходимых для решения научных и практических задач; развитии познавательных способностей и активности: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности; формировании способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации.

Изучение данной учебной дисциплины способствует созданию условий для формирования интеллектуально развитой личности обучающегося, которой присущи стремление к профессиональному совершенствованию, активному участию в экономической и социально-культурной жизни страны, гражданская ответственность и патриотизм.

ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель учебной дисциплины: ознакомление с основными положениями и понятиями, выработанными наукой в области теории оптимальных систем и процессов.

Задачи учебной дисциплины:

приобретение знаний в области теории оптимальных систем;

освоение навыков применения полученных знаний для решения практических задач, самостоятельного изучения современной литературы по теории оптимальных систем и ее приложениям;

изучение принципов и методов компьютерного моделирования в области теории оптимальных систем;

овладение методами обработки результатов экспериментов.

Базовыми учебными дисциплинами для учебной дисциплины «Теория оптимальных систем» являются такие дисциплины общего высшего образования, как «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Математический анализ», «Теория вероятностей и математическая статистика». В свою очередь учебная дисциплина «Теория оптимальных систем» содержательно связана с такой учебной дисциплиной, как «Случайные процессы в системах обработки информации», и является базой для учебной дисциплины «Планирование научного эксперимента» (компонент учреждения образования).

ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения учебной дисциплины «Теория оптимальных систем» формируется следующая углубленная профессиональная компетенция: применять навыки постановки и решения задач оптимального управления.

В результате изучения учебной дисциплины обучающийся должен:

знать:

критерии оптимальности управляемых систем;

методы отыскания оптимальных решений;

существующие постановки задач оптимизации управляемых систем;

уметь:

формулировать задачи оптимального управления;

выполнять компьютерное моделирование в области теории оптимальных систем;

выполнять анализ процессов, протекающих в оптимальных системах управления;

применять полученные знания к конкретным техническим системам в части формулировки и решения задач оптимизации;

иметь навык:

использования математического и программного обеспечения для моделирования задач оптимального управления.

Примерная учебная программа рассчитана на 198 учебных часов, из них – 66 аудиторных. Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий: лекции – 34 часа, лабораторные занятия – 32 часа.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Наименование темы	Всего аудиторных часов	Лекции	Лабораторные занятия
Тема 1. Экстремумы функции скалярной переменной	6	2	4
Тема 2. Дифференцируемость функции многих переменных	4	4	-
Тема 3. Экстремумы функции многих переменных	8	4	4
Тема 4. Условный экстремум функции многих переменных. Множители Лагранжа	8	4	4
Тема 5. Нелинейное программирование. Теорема Куна-Таккера	2	2	-
Тема 6. Введение в вариационное исчисление. Уравнение Эйлера	4	4	-
Тема 7. Вариационные задачи с гладкими экстремалами	2	2	-
Тема 8. Вариационные задачи с не гладкими экстремалами	2	2	-
Тема 9. Динамическое программирование. Задача дуального управления стохастическими объектами	8	4	4
Тема 10. Оптимальное упреждение, фильтрация и сглаживание по Н.Винеру	8	4	4
Тема 11. Фильтр Калмана	14	2	12
Итого:	66	34	32

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. ЭКСТРЕМУМЫ ФУНКЦИИ СКАЛЯРНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

Непрерывность, дифференцируемость, экстремумы функции скалярной переменной. Необходимые и достаточные условия экстремума. Примеры.

Тема 2. ДИФФЕРЕНЦИРУЕМОСТЬ ФУНКЦИИ МНОГИХ ПЕРЕМЕННЫХ

Частные производные и частные дифференциалы. Математические пространства. Дифференциал и производная Фреше. Дифференциал и производная Гато. Градиент.

Тема 3. ЭКСТРЕМУМЫ ФУНКЦИИ МНОГИХ ПЕРЕМЕННЫХ

Экстремумы функции многих переменных. Необходимые и достаточные условия экстремума функции многих переменных. Примеры.

Тема 4. УСЛОВНЫЙ ЭКСТРЕМУМ ФУНКЦИИ МНОГИХ ПЕРЕМЕННЫХ. МНОЖИТЕЛИ ЛАГРАНЖА

Теорема о существовании неявных функций. Определение условного экстремума функции многих переменных. Метод множителей Лагранжа для нахождения точек условного экстремума. Примеры.

ТЕМА 5. НЕЛИНЕЙНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ. ТЕОРЕМА КУНА-ТАККЕРА

Постановка задачи нелинейного программирования. Выпуклые множества и функции. Выпуклое нелинейное программирование. Теорема Куна-Таккера.

Тема 6. ВВЕДЕНИЕ В ВАРИАЦИОННОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ. УРАВНЕНИЕ ЭЙЛЕРА

Введение в вариационное исчисление. Функциональные пространства, функционал. Некоторые свойства функционала. Дифференциал функционала. Необходимое условие экстремума функционала. Простейшая задача вариационного исчисления. Уравнение Эйлера.

Тема 7. ВАРИАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ С ГЛАДКИМИ ЭКСТРЕМАЛЯМИ

Вариационные задачи с закрепленными, свободными и подвижными концами.

Тема 8. ВАРИАЦИОННАЯ ЗАДАЧА С НЕ ГЛАДКИМИ ЭКСТРЕМАЛЯМИ

Вариационная задача с не гладкими экстремалиями. Условия Вейерштрасса-Эрдмана.

Тема 9. ДИНАМИЧЕСКОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ. ЗАДАЧА ДУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ СТОХАСТИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

Общая характеристика метода. Задача с непрерывным временем. Задача с дискретным временем (многошаговые процессы). Постановка и решение задачи дуального управления стохастическими объектами.

Тема 10. ОПТИМАЛЬНОЕ УПРЕЖДЕНИЕ, ФИЛЬТРАЦИЯ И СГЛАЖИВАНИЕ ПО Н.ВИНЕРУ

Постановка задачи Винера. Уравнение Винера-Хопфа. Решение уравнения Винера-Хопфа.

Тема 11. ФИЛЬТР КАЛМАНА

Оптимальные оценки в стохастических системах с дискретным временем. Гауссовская марковская векторная случайная последовательность. Фильтр Калмана.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ЛИТЕРАТУРА

ОСНОВНАЯ

1. Методы оптимизации / Р. Габасов [и др.]. – Минск : Четыре четверти, 2011. – 472 с.
2. Кудрявцев, Л. Д. Курс математического анализа : в 3 т. / Л. Д. Кудрявцев. – Москва : Дрофа : Т. 1. Дифференциальное и интегральное исчисление функций одной переменной. – 2003. – 702 с. ; Т. 2. Ряды. Дифференциальное и интегральное исчисления функций многих переменных. – 2004. – 720 с. ; Т. 3 : Гармонический анализ. Элементы функционального анализа. – 2006. – 350 с.
3. Романко, В. К. Курс дифференциальных уравнений и вариационного исчисления / В. К. Романко. – Москва : МФТИ, 2001. – 344 с.
4. Лежнев, А. В. Динамическое программирование в экономических задачах : учебное пособие / А. В. Лежнев. – Москва : Бином. Лаборатория знаний, 2020. – 179 с.
5. Шахтарин, Б. И. Фильтры Винера и Калмана : учебное пособие для вузов / Б. И. Шахтарин. – Москва : Горячая линия-Телеком, 2024. – 408 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

6. Гришкина, Т. Е. Динамическое программирование : учебно-методическое пособие для направления подготовки 38.03.04 «Государственное и муниципальное управление» / Т. Е. Гришкина, Н. Н. Двоерядкина. – Благовещенск : Амурский гос. ун-т, 2019. – 38 с.
7. Бахтин, В. И. Метод множителей Лагранжа : методическое пособие для студентов спец. 1-31 03 01-03 «Математика (экономическая деятельность)» / В. И. Бахтин, И. А. Иванишко, А. В. Лебедев, О. И. Пиндрик. – Минск : БГУ, 2012. – 40 с.
8. Аксень, Э. М. Нелинейная оптимизация: метод множителей Лагранжа : электронное учебно-методическое пособие для студентов экономических специальностей. – Минск : БГЭУ, 2022. – 94 с.
9. Нестеров, Ю. Е. Введение в выпуклую оптимизацию / Ю. Е. Нестеров. – Москва : МЦНМО, 2010. – 280 с.
10. Окулов, С. М. Динамическое программирование / С. М. Окулов. – Москва : Бином. Лаборатория знаний, 2017. – 298 с.
11. Визгунов, Н. П. Динамическое программирование в экономических задачах с применением системы SciLab / Н. П. Визгунов. – Нижний Новгород : ННГУ, 2011. – 70 с.
12. Довгалюк, П. М. Динамическое программирование и все-все-все: Как решать олимпиадные и «жизненные» программистские задачи / П. М. Довгалюк. – Москва : Ленанд, 2023. – 200 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЩАЮЩИХСЯ

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- изучение лекционного материала;
- изучение рекомендованной литературы;
- подготовка к выполнению и выполнение заданий по лабораторным работам.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ КОМПЕТЕНЦИЙ ОБУЩАЮЩИХСЯ

Примерным учебным планом по специальности 7-06-0612-03 «Системы управления информацией» в качестве формы промежуточной аттестации по учебной дисциплине «Теория оптимальных систем» рекомендуется экзамен. Оценка учебных достижений обучающихся производится по десятибалльной шкале.

Для текущего контроля по учебной дисциплине и диагностики компетенций могут использоваться следующие формы:

- устный опрос;
- защита результатов выполнения лабораторных работ;
- выполнение теста.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ МЕТОДЫ (ТЕХНОЛОГИИ) ОБУЧЕНИЯ

Основные рекомендуемые методы (технологии) обучения, отвечающие целям и задачам учебной дисциплины:

- элементы проблемного обучения (проблемное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;
- элементы учебно-исследовательской деятельности, творческого подхода, реализуемые на лабораторных занятиях;
- компьютерное моделирование и программирование.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

1. Поиск максимума функции скалярной переменной по измерениям с ошибками. Алгоритм Кифера-Вольфовица.
2. Моделирование реализаций скалярных случайных процессов.
3. Моделирование реализаций векторных случайных процессов.
4. Оптимальная фильтрация. Фильтр Калмана для скалярной случайной последовательности.
5. Оптимальная фильтрация. Фильтр Калмана для векторной случайной последовательности.
6. Оптимальная фильтрация. Фильтр Винера.

7. Дуальное управление скалярным регрессионным объектом для его стабилизации на заданном уровне.
8. Дуальное управление векторным регрессионным объектом для его стабилизации на заданном уровне.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ
(*необходимого оборудования, наглядных пособий и др.*)

Программное средство MATLAB-2007 и выше.