

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт программных систем им. А.К. Айламазяна Российской академии наук

«Утверждаю»
Директор ИПС им. А.К. Айламазяна РАН
член-корреспондент РАН



С.М. Абрамов

«22» 10 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Математические методы оптимизации и принятия решений»

Образовательная программа: основная профессиональная образовательная программа высшего образования - программа подготовки научно - педагогических кадров в аспирантуре

Направление подготовки: 09.06.01 Информатика и вычислительная техника
Направленности (профили):

- Системный анализ, управление и обработка информации

Присваиваемая квалификация:

«Исследователь. Преподаватель-исследователь»

Форма обучения: очная, заочная

Рабочая программа предназначена для методического сопровождения преподавания дисциплины (модуля) «Математические методы оптимизации и принятия решений» аспирантам очной/заочной формы обучения по направлению подготовки кадров высшей квалификации 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника», профиль «Системный анализ, управление и обработка информации».

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 09.06.01 Информатика и вычислительная техника (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденный приказом Министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 г. № 875.
2. Рабочие учебные планы подготовки аспирантов ИПС им. А.К. Айламазяна РАН по направленностям (профилям) основных профессиональных образовательных программ высшего образования – программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Программа одобрена Ученым советом ИПС им. А.К. Айламазяна РАН (протокол № 37 от 17 октября 2014 года), с изменениями и дополнениями (одобрены Ученым советом ИПС им. А.К. Айламазяна РАН, протокол №20 от 22 октября 2018 года).

Разработал д.т.н., проф. А.М. Цирлин

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины: обучение теоретическим основам математических методов оптимизации и принятия решений.

Основные задачи: владение аспирантами теорией оптимизации и принятия решения, изучение моделей и методов принятия решений, методов и алгоритмов математического программирования, освоение различных подходов, используемых для моделирования и управления в оптимальных кибернетических системах.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина (модуль) «Математические методы оптимизации и принятия решений» включена в вариативную часть Блока 1 Программы в качестве дисциплины по выбору. Шифр дисциплины - Б1.В.ДВ.1.2.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных аспирантами в результате освоения образовательной программы высшего образования второго уровня (магистратура, специалитет).

Дисциплина «Математические методы оптимизации и принятия решений» является предшествующей для подготовки и представления научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы.

Блок	Базовая или вариативная часть	Семестр, в котором преподается дисциплина	Трудоемкость дисциплины				Вид промежуточной аттестации
			Зачетные единицы	Часы			
				Общая	В том числе		
	Аудиторная	СР					
Б1.В.ДВ	Вариативная часть	3,4	5	180	36	144	Зачет
ИТОГО		3,4	5	180	36	144	Зачет

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)

№ пп.	Формируемые компетенции	Номер/ индекс компетенции
1	Способность выявлять проблемные места в области системного анализа, управления и обработки информации; формулировать проблемы для исследования; ставить цель и конкретизировать ее на уровне задач; выстраивать научный аппарат исследования; строить модели исследуемых процессов или явлений.	ПК-1
2	Способность проводить теоретические и экспериментальные исследования в области системного анализа, управления и обработки информации с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	ПК-2
3	Владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности	ОПК-1

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Шифр компетенции	Результат обучения
ПК-1	знать: основные модели и методы принятия решений в теории оптимального управления;
	уметь: поставить задачу оптимального управления для кибернетической системы и выбрать адекватные методы решения.
	владеть: методами математического программирования и оптимизации для систем оптимального управления.
ПК-2	знать: методики проведения теоретических и экспериментальных исследований в области системного анализа, управления и обработки информации.
	уметь: проводить теоретические и экспериментальные исследования в области системного анализа, управления и обработки информации с использованием передовых технологий

	владеть: передовыми технологиями проведения теоретических и экспериментальных исследований в области системного анализа, управления и обработки информации
ОПК-1	знать: основные методы исследований в области системного анализа, управления и обработки информации.
	уметь: применять методы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области системного анализа, управления и обработки информации.
	владеть: навыками решения профессиональных задач в области системного анализа, управления и обработки информации.

4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 часов).

4.1 Структура дисциплины (модуля)

Дисциплина преподается в 3,4 семестрах.

Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)					Вид итогового контроля	
	Всего	Всего аудит.	Из аудиторных				Самост. работа
			Лек.	Пр.	Лаб..		
Математические методы оптимизации и принятия решений	180	36	36	-	-	144	Зачет

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

4.2.1 Разделы дисциплины (модуля) и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной работы и трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа (СР)	Коды компетенций
		Лек.	Пр.	Сем.		
1.	Модели и методы принятия решений.	12			40	ПК-1, ПК-2, ОПК-1
2	Оптимизация и математическое программирование.	12			64	ПК-1, ПК-2, ОПК-1
3	Основы теории оптимального управления.	12			40	ПК-1, ПК-2, ОПК-1
Итого		36			144	

4.2.2 Содержание разделов дисциплины (модуля)

№ п/п	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий
1	2	3	4
1	Модели и методы принятия решений.	<p>Постановка задач принятия решений. Классификация задач принятия решений. Этапы решения задач.</p> <p>Методы формирования исходного множества альтернатив. Морфологический анализ.</p> <p>Методы оценки альтернатив. Классификация методов. Многокритериальные задачи. Множества компромиссов и согласия, построение множеств. Функция полезности. Аксиоматические методы многокритериальной оценки. Прямые методы многокритериальной оценки альтернатив. Методы нормализации критериев. Характеристики приоритета критериев.</p> <p>Методы аппроксимации функции полезности. Принятие решений в условиях неопределенности. Статистические модели принятия решений. Методы глобального критерия. Критерий максиминный.</p> <p>Принятие коллективных решений. Теорема Эрроу и ее анализ. Правила большинства, Кондорсе, Борда. Парадокс Кондорсе.</p>	Лекции

		<p>Модели и методы принятия решений при нечеткой информации. Нечеткие множества. Основные определения и операции над нечеткими множествами. Нечеткое моделирование. Задачи математического программирования при нечетких исходных условиях. Задача оптимизации на нечетком множестве допустимых условий.</p> <p>Игра как модель конфликтной ситуации. Классификация игр. Цены и оптимальные стратегии. Чистые и смешанные стратегии. Функция потерь при смешанных стратегиях. Геометрическое представление игры. Нижняя и верхняя цены игр, седловая точка. Принцип минимакса. Решение игр. Доминирующие и полезные стратегии. Нахождение оптимальных стратегий.</p>	
2	Оптимизация и математическое программирование.	<p>Оптимизационный подход к проблемам управления и принятия решений. Допустимое множество и целевая функция. Формы записи задач математического программирования. Классификация задач математического программирования.</p> <p>Необходимые и достаточные условия оптимальности. Локализация и расширение задачи условной оптимизации.</p> <p>Постановка задачи линейного программирования. Стандартная и каноническая формы записи. Гиперплоскости и полупространства. Допустимые множества и оптимальные решения задач линейного программирования. Выпуклые множества. Крайние точки и крайние лучи выпуклых множеств. Теоремы об отделяющей, опорной и разделяющей гиперплоскости. Представление точек допустимого множества задачи линейного программирования через крайние точки и крайние лучи. Условия существования и свойства оптимальных решений задачи линейного программирования. Опорные решения системы линейных уравнений и крайние точки множества допустимых решений. Симплекс-метод.</p> <p>Общая постановка задачи математического программирования.</p> <p>Двойственные задачи. Критерии оптимальности, доказательство достаточности. Теорема равновесия, ее следствия и применения. Геометрическая интерпретация двойственных переменных. Характер зависимости оптимальных решений задачи линейного программирования от параметров.</p> <p>Локальный и глобальный экстремум. Необходимые условия безусловного экстремума дифференцируемых функций. Теорема о седловой точке. Выпуклые функции и множества, выпуклые оболочки. Необходимые условия экстремума дифференцируемой функции на выпуклом множестве. Условия Куна-Таккера. Задачи об условном экстремуме и метод множителей Лагранжа.</p> <p>Понятие о негладкой выпуклой оптимизации. Субдифференциал.</p> <p>Классификация методов безусловной оптимизации. Скорости сходимости. Методы нулевого порядка. Методы покоординатного спуска, Хука-Дживса, сопряженных направлений. Методы деформируемых конфигураций. Симплексные методы. Комплекс-методы. Решение задач многокритериальной оптимизации методами прямого поиска.</p> <p>Методы первого порядка. Градиентные методы. Методы второго порядка. Метод Ньютона и его модификации. Квазиньютоновские методы. Методы переменной метрики. Методы сопряженных градиентов. Конечно-разностная аппроксимация производных.</p> <p>Основные подходы к решению задач с ограничениями. Классификация задач и методов. Метод проекции градиента.</p>	Лекции

		<p>Методы сведения задач с ограничениями к задачам безусловной оптимизации. Методы внешних и внутренних штрафных функций. Комбинированный метод проектирования и штрафных функций.</p> <p>Задачи стохастического программирования и методы их численного решения.</p> <p>Методы и задачи дискретного программирования. Задачи целочисленного линейного программирования. Методы отсечения Гомори. Метод ветвей и границ. Задача о назначениях. Венгерский алгоритм. Задачи оптимизация на сетях и графах.</p> <p>Метод динамического программирования для многошаговых задач принятия решений. Принцип оптимальности Беллмана. Основное функциональное уравнение. Вычислительная схема метода динамического программирования.</p> <p>Методы усредненной оптимизации, усредненная задача математического программирования. Общие свойства ее решения.</p>	
3	Основы теории оптимального управления.	<p>Постановка задачи оптимального управления для объектов, характеризующихся обыкновенными дифференциальными уравнениями.</p> <p>Принцип максимума Понтрягина. Особые и скользящие режимы. Вырожденные решения. Понятие о магистральных решениях.</p> <p>Программное управление и управление в форме синтеза. Динамическое программирование Беллмана.</p> <p>Управление в системах с обратной связью.</p> <p>Математическое описание объектов управления: пространство состояний, передаточные функции, структурные схемы.</p> <p>Структуры систем управления: разомкнутые системы, системы с обратной связью, комбинированные системы.</p> <p>Динамические и статические характеристики систем управления: переходная и весовая функции и их взаимосвязь, частотные характеристики. Типовые динамические звенья и их характеристики.</p> <p>Понятие об устойчивости систем управления.</p> <p>Устойчивость по Ляпунову, асимптотическая, экспоненциальная устойчивость. Устойчивость по первому приближению. Функции Ляпунова. Теоремы об устойчивости и неустойчивости. Критерии Ляпунова, Гурвица, Михайлова.</p> <p>Методы синтеза обратной связи. Качество процессов управления в линейных динамических системах. Показатели качества переходных процессов. Методы оценки качества.</p>	Лекции

4.3 Практические занятия (семинары)

Учебным планом не предусмотрено.

4.4 Лабораторные работы

Учебным планом не предусмотрено.

4.5 Самостоятельная работа аспиранта при изучении разделов дисциплины

Самостоятельная работа аспиранта при изучении дисциплины «Математические методы оптимизации и принятия решений» составляет 144 часа.

В ходе самостоятельной работы аспирант:

- изучает материалы, не освещенные в лекциях;
- готовится к зачету.

5 Образовательные технологии

При освоении дисциплины «Математические методы оптимизации и принятия решений» используются следующие образовательные технологии:

- активные (лекции);
- информационные (анализ и обзор источников информации);
- компьютерные (виртуальные и сетевые интернет-технологии),
- информационно-коммуникативные (компьютеры, телекоммуникационные сети),
- коммуникативные (обсуждение проблем на аудиторных занятиях, круглые столы, диспуты, участие в аспирантских научных и научно-практических конференциях).

6 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

По итогам освоения дисциплины аспирантом сдается зачет.

Контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины (зачет)

1. Постановка задач принятия решений. Классификация задач принятия решений. Этапы решения задач.
2. Многокритериальные задачи. Аксиоматические методы многокритериальной оценки. Прямые методы многокритериальной оценки альтернатив. Методы нормализации критериев.
3. Функция полезности. Методы аппроксимации функции полезности.
4. Статистические модели принятия решений.
5. Модели и методы принятия решений при нечеткой информации. Нечеткие множества. Нечеткое моделирование.
6. Классификация игр. Цены и оптимальные стратегии. Чистые и смешанные стратегии. Принцип минимакса. Нахождение оптимальных стратегий.
7. Формы записи задач математического программирования. Классификация задач математического программирования.
8. Необходимые и достаточные условия оптимальности. Локализация и расширение задачи условной оптимизации.
9. Постановка задачи линейного программирования. Стандартная и каноническая формы записи. Допустимые множества и оптимальные решения задач линейного программирования.
10. Условия существования и свойства оптимальных решений задачи линейного программирования. Симплекс-метод.
11. Общая постановка задачи математического программирования.
12. Двойственные задачи. Критерии оптимальности, доказательство достаточности. Теорема равновесия, ее следствия и применения.
13. Локальный и глобальный экстремум. Необходимые условия безусловного экстремума дифференцируемых функций. Теорема о седловой точке.
14. Выпуклые функции и множества, выпуклые оболочки. Необходимые условия экстремума дифференцируемой функции на выпуклом множестве. Условия Куна-Таккера. Задачи об условном экстремуме и метод множителей Лагранжа.
15. Понятие о негладкой выпуклой оптимизации. Субдифференциал.
16. Классификация методов безусловной оптимизации. Скорости сходимости. Методы нулевого порядка.
17. Методы покоординатного спуска, Хука-Дживса, сопряженных направлений. Решение задач многокритериальной оптимизации методами прямого поиска.
18. Методы первого порядка. Градиентные методы.
19. Методы второго порядка. Метод Ньютона и его модификации. Методы переменной метрики. Методы сопряженных градиентов.
20. Задачи стохастического программирования и методы их численного решения.
21. Методы и задачи дискретного программирования.

22. Задачи целочисленного линейного программирования. Метод ветвей и границ.
23. Метод динамического программирования для многошаговых задач принятия решений. Принцип оптимальности Беллмана. Вычислительная схема метода динамического программирования.
24. Методы усредненной оптимизации, усредненная задача математического программирования. Общие свойства ее решения.
25. Постановка задачи оптимального управления для объектов, характеризующихся обыкновенными дифференциальными уравнениями.
26. Принцип максимума Понтрягина. Вырожденные решения. Понятие о магистральных решениях.
27. Управление в системах с обратной связью. Математическое описание объектов управления: пространство состояний, передаточные функции, структурные схемы.
28. Понятие об устойчивости систем управления. Устойчивость по Ляпунову, асимптотическая, экспоненциальная устойчивость.
29. Функции Ляпунова. Теоремы об устойчивости и неустойчивости. Критерии Ляпунова, Гурвица, Михайлова.
30. Методы синтеза обратной связи. Качество процессов управления в линейных динамических системах. Показатели качества переходных процессов.

Описание показателей и критериев оценивания компетенций, а также шкал оценивания

Категории «знать», «уметь», «владеть» применяются в следующих значениях:

«знать» – воспроизводить и объяснять учебный материал с требуемой степенью научной точности и полноты.

«уметь» – решать типичные задачи на основе воспроизведения стандартных алгоритмов решения;

«владеть» – решать усложненные задачи на основе приобретенных знаний, умений и навыков, с их применением в нетипичных ситуациях, формируется в процессе получения опыта деятельности.

Интегральный уровень сформированности компетенции определяется по следующим критериям:

- пороговый уровень дает общее представление о виде деятельности, основных закономерностях функционирования объектов профессиональной деятельности, методов и алгоритмов решения практических задач;

- базовый уровень позволяет решать типовые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения по известным алгоритмам, правилам и методикам;

- повышенный уровень предполагает готовность решать практические задачи повышенной сложности, нетиповые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения в условиях неполной определенности, при недостаточном документальном, нормативном и методическом обеспечении.

Критерии оценивания компетенции следующие:

проверка уровня сформированности «знаниевой» составляющей компетенции по теме:

- полный ответ на вопрос – 4-5 баллов;
- неполный ответ – 2-3 балла;
- неполученный ответ - 0 баллов;

проверка уровня сформированности «деятельностных» составляющих компетенции, позволяющих оценить уровень умений и навыков, применить полученные знания при решении конкретных вопросов (задач) по теме:

- полный ответ на вопрос – 4-5 баллов;
- неполный ответ – 2-3 балла;
- неполученный ответ – 0 баллов.

При проведении зачета по дисциплине задаются два контрольных вопроса. Оценку «зачтено» по дисциплине получает аспирант, суммарно набравший при ответе на два вопроса не менее 8 баллов.

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

№ п/п	Автор(ы)	Заглавие	Издательство, год издания	Назначение, вид издания, гриф	Кол-во экз. в библиотеке
1.	Вдовин В.М., Суркова Л.Е., Валентинов В.А.	Теория систем и системный анализ	Издательство Дашков и К", 2016	Учебник	ЭБС «Лань»
2	Власов В.А., Толоконский А.О.	Методы оптимизации и оптимального управления	МИФИ, 2013	учебное пособие	ЭБС «Лань»
3	Дмитриев А.Н. ,	Введение в системный анализ	Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2013	Учебник	ЭБС «Лань»

7.2 Дополнительная литература

№ п/п	Автор(ы)	Заглавие	Издательство, год издания	Назначение, вид издания, гриф	Кол-во экз. в библиотеке
1	Колбин В.В. ,	Специальные методы оптимизации	Издательство Лань, 2014	Учебное пособие	ЭБС «Лань»
2	Лесин В.В., Лисовец Ю.П.	Основы методов оптимизации	Издательство "Лань", 2016	Учебник	ЭБС «Лань»
3	Бухвалова В.В., Рогольская А.С.	Введение в геометрическое программирование	НОУ "Интуит", 2016	Учебное пособие	ЭБС «Лань»
4	Губарь Ю.В.	Введение в математическое программирование	НОУ "Интуит", 2016	Учебное пособие	ЭБС «Лань»
5	Цирлин А.М.	Оптимизационная термодинамика экономических систем	М.: Научный мир, 2011	Монография	9
6	Певзнер Л.Д., Чураков Е.П.	Математические основы теории систем	М.: Высш. Шк., 2009	Учебное пособие	1
7	Цирлин А.М.	Математические модели и оптимальные процессы в макросистемах	М.: Наука, 2006	Монография	2
8	Хомяков П.М.	Системный анализ: Экспресс-курс лекций	М.: Изд.-во ЛКИ, 2010	Учебное пособие	1
9	Качала В.В.	Основы теории систем и системного анализа	М.: Горячая линия, 2012	Учебное пособие	2
10	Иванов В.А., Медведев В.С., Чемоданов Б.К., Ющенко А.С.	Математические основы теории автоматического управления	М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011	Учебное пособие	1
11	Сухарев А.Г., Тимохов А.В., Федоров В.В.	Курс методов оптимизации	М.: Наука, 1986	Монография	2

7.3. Интернет-ресурсы

Электронная библиотечная система «Лань» <https://e.lanbook.com/>
Информационно-поисковая система ФИПС <http://new.fips.ru/> ;
Международная БД патентной информации Espacenet <https://ru.espacenet.com/> ;
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <https://elibrary.ru>.

7.4. Лицензионное программное обеспечение

- MS Office.

7.5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспиранта

Используются следующие виды самостоятельной работы аспиранта: в читальном зале библиотеки, в учебных аудиториях и в домашних условиях.

Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе лекционных занятий.

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, а также конспекты лекций.

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для обеспечения реализации ОПОП в ИПС им. А.К. Айламазяна РАН используются аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования. Аудитории для самостоятельной работы аспирантов оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду.

Аудитории для проведения занятий оснащены мультимедийными средствами: это проекторы, настенные экраны, ПК.

Обеспечен доступ к библиотечному фонду ИПС им. А.К. Айламазяна РАН (электронный каталог <http://lib.psir.ru/>).

Доступ в Internet обеспечивается через локальную сеть 100 Мбит/с.