


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра информационных и сетевых технологий

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета ИВТ

 Д.Ю. Чалый

« 18 » мая 2020 г.

Рабочая программа дисциплины
«Методы оптимизации и исследование операций»

Направление подготовки
02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии

Профиль
«Информатика и компьютерные науки»

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
очная

Программа рассмотрена
на заседании кафедры
от 16 апреля 2020 г.,
протокол № 8

Программа одобрена НМК
факультета ИВТ
протокол № 7 от
17 мая 2020 г.

Ярославль
2020

1. Цели освоения дисциплины

Целями дисциплины «Методы оптимизации и исследование операций» являются приобретение знаний и умений в соответствии с ФГОС ВПО, содействие формированию мировоззрения и развитию способности понимать и применять в исследовательской и прикладной деятельности современный математический аппарат. Дисциплина должна обеспечивать развитие логического, эвристического и алгоритмического мышления у студентов.

2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата

Дисциплина «Методы оптимизации и исследование операций» относится к вариативной части (дисциплина по выбору) ОП бакалавриата.

При изучении курса «Методы оптимизации и исследование операций» необходимо предварительное изучение курсов «Математический анализ», «Алгебра и геометрия», «Дифференциальные уравнения».

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОП бакалавриата

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
Общепрофессиональные компетенции		
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.3 Использует основные понятия, концепции, факты математики и естественных наук для решения задач профессиональной деятельности	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none">– теоретические основы методов оптимизации; методы построения и общие принципы анализа оптимизационных моделей различных процессов, возникающих на практике; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none">– использовать полученные теоретические знания для решения конкретных прикладных задач, производить математические расчеты в стандартных постановках, производить содержательный анализ результатов вычислений; <p>Владеть навыками:</p> <ul style="list-style-type: none">– практическими навыками применения современных оптимизационных методов при анализе практических.

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зач.ед., 180 акад.час.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Се мес тр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа						
			ции	кти кие	рат ные	сул с ции	аци нные тани я	тоя льная работа	
1.	Классификация задач математического программирования. Понятие экстремальной задачи.	5	2	2				3	Задания для самостоятельной работы
2.	Теорема Фаркаша-Минковского. Вывод теоремы Гордана из теоремы Фаркаша-Минковского. Конус возможных направлений. Его внутренняя и внешняя аппроксимация.	5	2	2				3	Задания для самостоятельной работы
3.	Необходимые условия Куна–Таккера (линейный случай). Условия регулярности (линейность ограничений). Необходимые условия Куна–Таккера (нелинейный случай). Необходимые условия оптимальности в геометрической форме.	5	2	2		1		3	Задания для самостоятельной работы
4.	Необходимые условия оптимальности Куна-Таккера. Необходимые условия оптимальности Фритца-Джона. Теорема о замыкании конуса возможных направлений. Условия регулярности: независимость градиентов активных ограничений; условие Слейтера; линейность ограничений.	5	2	2				3	Задания для самостоятельной работы

5.	Теорема Куна–Таккера (локальная форма). Теорема Куна–Таккера (нелокальная форма). Необходимые условия Куна–Таккера (выпуклый случай). Условие регулярности – условие Слейтера. Теорема Куна–Таккера для линейных ограничений . Теория двойственности нелинейного программирования.	5	2	2				3	Задания для самостоятельной работы Контрольная работа 1
6.	Понятия базиса, базисного решения, б.д.р. и крайней точки (вершины). Элементарное преобразование б.д.р. (базиса и симплекс-таблицы). Симплекс – метод.	5	4	4		1		3	Задания для самостоятельной работы
7.	Двойственные задачи линейного программирования (ЛП). Эквивалентность понятий б.д.р. и вершины многогранного множества. Понятие вырожденного и невырожденного б.д.р.	5	2	2		1		3	Задания для самостоятельной работы
8.	Критерий разрешимости задачи ЛП	5	2	2				3	Задания для самостоятельной работы
9.	Первая и вторая теоремы двойственности линейного программирования. Понятие ребра многогранного множества.	5	2	2				3	Задания для самостоятельной работы
10.	Интерпретация неразрешимости задачи ЛП в с.-м. как перемещения из текущей вершины по неограниченному ребру в направлении убывания целевой функции. Элементарное преобразование базиса и с.-т. Представление об элементарном преобразовании как движении из текущей вершины по ребру.	5	2	2		1		3	Задания для самостоятельной работы

	Случай ограниченного ребра.							
11.	Метод искусственного базиса.	5	2	2		1		3 Задания для самостоятельной работы
12.	Анализ чувствительности: возмущение целевой функции и правых частей.	5	2	2				3 Задания для самостоятельной работы
13.	Анализ чувствительности: возмущение матрицы ограничений	5	2	2		1		3 Задания для самостоятельной работы
14.	Лексикографический двойственный симплекс - метод	5	2	2		1		3 Задания для самостоятельной работы Контрольная работа 2
15.	Простейшая задача вариационного исчисления. Абсолютный, сильный, слабый экстремум. Необходимое условие слабого экстремума. Экстремали.	5	2	2				3 Задания для самостоятельной работы
16.	Частные случаи простейшей задачи вариационного исчисления. Задача о брахистохроне.	5	2	2				10 Задания для самостоятельной работы
17.	Обобщения простейшей задачи вариационного исчисления.	5	2	2				10 Задания для самостоятельной работы Контрольная работа 3
	Всего за 5 семестр		36	36		7		65 Экзамен
	Всего		36	36		7		65

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Математическое программирование

1. Классификация задач математического программирования. Понятие экстремальной задачи.
2. Теорема Фаркаша-Минковского. Вывод теоремы Гордана из теоремы Фаркаша-Минковского. Конус возможных направлений. Его внутренняя и внешняя аппроксимация.
3. Необходимые условия Куна–Таккера (линейный случай). Условия регулярности (линейность ограничений). Необходимые условия Куна–Таккера (нелинейный случай). Необходимые условия оптимальности в геометрической форме.
4. Необходимые условия оптимальности Куна-Таккера. Необходимые условия оптимальности Фритца-Джона. Теорема о замыкании конуса возможных направлений. Условия регулярности: независимость градиентов активных ограничений; условие Слейтера; линейность ограничений.
5. Теорема Куна–Таккера (локальная форма). Теорема Куна–Таккера (нелокальная форма). Необходимые условия Куна–Таккера (выпуклый случай). Условие

регулярности – условие Слейтера. Теорема Куна–Таккера для линейных ограничений . Теория двойственности нелинейного программирования.

Раздел 2. Линейное программирование

6. Понятия базиса, базисного решения, б.д.р. и крайней точки (вершины). Элементарное преобразование б.д.р. (базиса и симплекс-таблицы). Симплекс – метод.
7. Двойственные задачи линейного программирования (ЛП). Эквивалентность понятий б.д.р. и вершины многогранного множества. Понятие вырожденного и невырожденного б.д.р.
8. Критерий разрешимости задачи ЛП.
9. Первая и вторая теоремы двойственности линейного программирования. Понятие ребра многогранного множества.
10. Интерпретация неразрешимости задачи ЛП в с.-м. как перемещения из текущей вершины по неограниченному ребру в направлении убывания целевой функции. Элементарное преобразование базиса и с.-т. Представление об элементарном преобразовании как движении из текущей вершины по ребру. Случай ограниченного ребра.
11. Метод искусственного базиса.
12. Анализ чувствительности: возмущение целевой функции и правых частей.
13. Анализ чувствительности: возмущение матрицы ограничений.
14. Лексикографический двойственный симплекс - метод.

Раздел 3. Вариационное исчисление.

15. Простейшая задача вариационного исчисления. Абсолютный, сильный, слабый экстремум. Необходимое условие слабого экстремума. Экстремали.
16. Частные случаи простейшей задачи вариационного исчисления. Задача о брахистохроне.
17. Обобщения простейшей задачи вариационного исчисления.

5. Образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Вводная лекция – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

Академическая лекция (или лекция общего курса) – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

Практическое занятие – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению полученных на лекции знаний.

6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного

программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

В процессе осуществления образовательного процесса используются:

- для формирования текстов материалов для промежуточной и текущей аттестации – программы Microsoft Office, издательская система LaTeX;
- компиляторы с высокоуровневых языков программирования;
- для поиска учебной литературы библиотеки ЯрГУ– Автоматизированная библиотечная информационная система "БУКИ-NEXT" (АБИС "Буки-Next").

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

а) основная:

1. Горлач, Б. А., Исследование операций [Электронный ресурс] : учеб. пособие, СПб., Лань, 2013, 448с
2. Методы оптимизации : метод. указания / сост. Н. В. Легков ; Яросл. гос. ун-т, Ярославль, ЯрГУ, 2008, 32с
3. Методы оптимизации : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / под ред. Ф. П. Васильева, М., Юрайт, 2016, 375 с.
4. Методы оптимизации [Электронный ресурс] : метод. указания / сост. Н. В. Легков ; Яросл. гос. ун-т, Ярославль, ЯрГУ, 2008, 32с
5. Методы оптимизации [Электронный ресурс] : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Ф. П. Васильев, М. М. Потапов, Б. А. Будаков, Л. А. Артемьева ; под ред. Ф. П. Васильева, М., Юрайт, 2017, 375с

б) дополнительная:

1. [Саати Томас Л. Целочисленные методы оптимизации и связанные с ними экстремальные проблемы. / Т. Л. Саати; пер. с англ - М.: Мир, 1973. - 302 с.](#)

в) ресурсы сети «Интернет»

1. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ
(http://www.lib.uni Yar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php).

8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитории, оборудованные для проведения лекций, практических занятий и консультаций, фонд библиотеки, компьютерная техника.

Автор(ы) :

Старший преподаватель кафедры
информационных и сетевых технологий Н.В. Легков

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Методы оптимизации и исследование операций»
Фонд оценочных средств
для проведения текущей и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине**

1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

1.1. Контрольные задания и иные материалы, используемые в процессе текущей аттестации

Задания для самостоятельной работы

Задания по теме № 1 Классификация задач математического программирования. Понятие экстремальной задачи.
Задания для самостоятельного решения: с.9 № 1.1-1.9, с.11-12 № 1.1-1.3, 2.1-2.2 из учебного пособия
Ларин Р. М. , Плясунов А. В. , Пяткин А. В. Методы оптимизации. Примеры и задачи: Учеб. пособие / Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2003,
(<http://www.math.nsc.ru/LBRT/k5/Plyasunov/opt-2.html>)

Задания по теме № 2 Теорема Фаркаша-Минковского. Вывод теоремы Гордана из теоремы Фаркаша-Минковского. Конус возможных направлений. Его внутренняя и внешняя аппроксимация.
Задания для самостоятельного решения: с.16-17 № 1.1-1.6, 2-5 из учебного пособия
Ларин Р. М. , Плясунов А. В. , Пяткин А. В. Методы оптимизации. Примеры и задачи: Учеб. пособие / Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2003,
(<http://www.math.nsc.ru/LBRT/k5/Plyasunov/opt-2.html>)

Задания по теме № 3 Необходимые условия Куна–Таккера (линейный случай). Условия регулярности (линейность ограничений). Необходимые условия Куна–Таккера (нелинейный случай). Необходимые условия оптимальности в геометрической форме.

Задания для самостоятельного решения: с.19-20 № 1-15 из учебного пособия
Ларин Р. М. , Плясунов А. В. , Пяткин А. В. Методы оптимизации. Примеры и задачи: Учеб. пособие / Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2003,
(<http://www.math.nsc.ru/LBRT/k5/Plyasunov/opt-2.html>)

Задания по теме № 4 Необходимые условия оптимальности Куна-Таккера. Необходимые условия оптимальности Фритца-Джона. Теорема о замыкании конуса возможных направлений. Условия регулярности: независимость градиентов активных ограничений; условие Слейтера; линейность ограничений.

Задания для самостоятельного решения: с.21-22 № 1-15, 16а)в)д)ж)и), 17а)в)д)ж)и), 18б)из учебного пособия
Ларин Р. М. , Плясунов А. В. , Пяткин А. В. Методы оптимизации. Примеры и задачи: Учеб. пособие / Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2003,
(<http://www.math.nsc.ru/LBRT/k5/Plyasunov/opt-2.html>)

Задания по теме № 5 Теорема Куна–Таккера (локальная форма). Теорема Куна–Таккера (нелокальная форма). Необходимые условия Куна–Таккера (выпуклый случай). Условие

регулярности – условие Слейтера. Теорема Куна–Таккера для линейных ограничений .
Теория двойственности нелинейного программирования.

Задания для самостоятельного решения: с.25-26 № 1-11 из учебного пособия
Ларин Р. М. , Плясунов А. В. , Пяткин А. В. Методы оптимизации. Примеры и задачи:
Учеб. пособие / Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2003,
(<http://www.math.nsc.ru/LBRT/k5/Plyasunov/opt-2.html>)

Задания по теме № 6 Понятия базиса, базисного решения, б.д.р. и крайней точки (вершины). Элементарное преобразование б.д.р. (базиса и симплекс-таблицы). Симплекс – метод.

Задания для самостоятельного решения: с.28-29 № 1.1-1.5, с.32-33 № 2.1-2.4 из учебного пособия
Ларин Р. М. , Плясунов А. В. , Пяткин А. В. Методы оптимизации. Примеры и задачи:
Учеб. пособие / Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2003,
(<http://www.math.nsc.ru/LBRT/k5/Plyasunov/opt-2.html>)

Задания по теме № 7 Двойственные задачи линейного программирования (ЛП). Эквивалентность понятий б.д.р. и вершины многогранного множества. Понятие вырожденного и невырожденного б.д.р.

Задания для самостоятельного решения: с.59-59 № 4.28-4.50 из учебного пособия
Заславский Ю. Л. Сборник задач по линейному программированию: учеб. пособие для вузов. / Ю. Л. Заславский; М-во высш. и среднего спец. образования - М.: Наука, 1969

Задания по теме № 8 Критерий разрешимости задачи ЛП.

Задания для самостоятельного решения: с.36-37 № 1.1-1.2, 2.1-2.3 из учебного пособия
Ларин Р. М. , Плясунов А. В. , Пяткин А. В. Методы оптимизации. Примеры и задачи:
Учеб. пособие / Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2003,
(<http://www.math.nsc.ru/LBRT/k5/Plyasunov/opt-2.html>)

Задания по теме № 9 Первая и вторая теоремы двойственности линейного программирования. Понятие ребра многогранного множества.

Задания для самостоятельного решения: с.42-43 № 1.1-1.2, 2.1-2.7 из учебного пособия
Ларин Р. М. , Плясунов А. В. , Пяткин А. В. Методы оптимизации. Примеры и задачи:
Учеб. пособие / Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2003,
(<http://www.math.nsc.ru/LBRT/k5/Plyasunov/opt-2.html>)

Задания по теме № 10 Интерпретация неразрешимости задачи ЛП в с.-м. как перемещения из текущей вершины по неограниченному ребру в направлении убывания целевой функции. Элементарное преобразование базиса и с.-т. Представление об элементарном преобразовании как движении из текущей вершины по ребру. Случай ограниченного ребра.

Задания для самостоятельного решения: с.45 № 1-3 из учебного пособия

Ларин Р. М. , Плясунов А. В. , Пяткин А. В. Методы оптимизации. Примеры и задачи: Учеб. пособие / Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2003, (<http://www.math.nsc.ru/LBRT/k5/Plyasunov/opt-2.html>)

Задания по теме № 11 Метод искусственного базиса.

Задания для самостоятельного решения: с.53 № 1-6 из учебного пособия
Ларин Р. М. , Плясунов А. В. , Пяткин А. В. Методы оптимизации. Примеры и задачи: Учеб. пособие / Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2003, (<http://www.math.nsc.ru/LBRT/k5/Plyasunov/opt-2.html>)

Задания по теме № 12 Анализ чувствительности: возмущение целевой функции и правых частей.

Задания для самостоятельного решения: с.60-61 № 1-6 из учебного пособия
Ларин Р. М. , Плясунов А. В. , Пяткин А. В. Методы оптимизации. Примеры и задачи: Учеб. пособие / Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2003, (<http://www.math.nsc.ru/LBRT/k5/Plyasunov/opt-2.html>)

Задания по теме № 13 Анализ чувствительности: возмущение матрицы ограничений.

Задания для самостоятельного решения: с.63-64 № 1.1-1.3, 2.1-2.2 из учебного пособия
Ларин Р. М. , Плясунов А. В. , Пяткин А. В. Методы оптимизации. Примеры и задачи: Учеб. пособие / Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2003, (<http://www.math.nsc.ru/LBRT/k5/Plyasunov/opt-2.html>)

Задания по теме № 14 Лексикографический двойственный симплекс - метод.

Задания для самостоятельного решения: с.64-65 № 3-5, с.66 № 1-3 из учебного пособия
Ларин Р. М. , Плясунов А. В., Пяткин А. В. Методы оптимизации. Примеры и задачи: Учеб. пособие / Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2003, (<http://www.math.nsc.ru/LBRT/k5/Plyasunov/opt-2.html>)

Задания по теме № 15 Простейшая задача вариационного исчисления. Абсолютный, сильный, слабый экстремум. Необходимое условие слабого экстремума. Экстремали.

Задания для самостоятельного решения: с.185-187 № 1.1-1.25 из учебного пособия
Галеев Э. М. Оптимизация: теория, примеры, задачи.: учеб. пособие для вузов. / Э. М. Галеев; Науч.-метод. совет по математике и механике УМО ун-тов РФ - 4-е изд. - М.: URSS; Либроком, 2012.

Задания по теме № 16 Частные случаи простейшей задачи вариационного исчисления. Задача о брахистохроне.

Задания для самостоятельного решения: с.187-189 № 1.26-1.52 из учебного пособия
Галеев Э. М. Оптимизация: теория, примеры, задачи.: учеб. пособие для вузов. / Э. М. Галеев; Науч.-метод. совет по математике и механике УМО ун-тов РФ - 4-е изд. - М.: URSS; Либроком, 2012.

Задания по теме № 17 Обобщения простейшей задачи вариационного исчисления.

Задания для самостоятельного решения: с.195 № 2.1-2.5, из учебного пособия
Галеев Э. М. Оптимизация: теория, примеры, задачи.: учеб. пособие для вузов. / Э. М.
Галеев; Науч.-метод. совет по математике и механике УМО ун-тов РФ - 4-е изд. - М.:
URSS; Либроком, 2012.

Типовой вариант контрольной работы №1

Решить методом Лагранжа:

1. $x_1^2 + x_2^2 \rightarrow \min$

$$x(1^2 - 1) + x_2^2 = 4$$

2. $x_1 x_2 x_3 \rightarrow \max$
 $x_1 \geq 1$

$$\begin{aligned} x_2 &\geq 1 \\ x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 &= 8 \end{aligned}$$

Типовой вариант контрольной работы №2

1. Решить графически.

$$f(x) = -x_1 - x_2 - x_3 -$$

$$x_4 + 4x_5 \rightarrow \min 3x_1 +$$

$$x_2 + x_3 - 6x_5 = 7$$

$$2x_1 + x_2 + 3x_3 + 3x_4 - 7x_5 = 10$$

$$-3x_1 + x_2 + x_3 - 6x_4 = 1$$

$$x_j \geq 0, j=1, \dots, 5$$

2. Решить симплекс-методом, находя начальную точку методом искусственного базиса.

$$f(x) = x_1 - x_2 - x_3 - x_4 -$$

$$3x_5 \rightarrow \min$$

$$2x_1 + 2x_2 + x_4 + x_5 = 3$$

$$3x_1 - x_2 + 2x_3 - 2x_5 = 1$$

$$-3x_1 + 2x_2 - x_4 + 2x_5 = 1$$

$$x_j \geq 0, j=1, \dots, 5$$

Типовой вариант контрольной работы №3

1. Найти экстремали функционала, удовлетворяющие указанным граничным условиям:

$$y' = 2 + y^2 - 4y \quad J(y) = \int_0^b$$

2. Материальная точка перемещается вдоль плоской кривой $y=y(x)$, соединяющей точки $M_0(0, 0)$ и $M_1(1, 1)$ со скоростью $v=x$. Найти гладкую кривую, время движения вдоль которой из точки M_0 в точку M_1 будет минимальным.

Список вопросов к экзамену

1. Классификация задач математического программирования. Понятие экстремальной задачи.
2. Теорема Фаркаша-Минковского. Вывод теоремы Гордана из теоремы Фаркаша-Минковского. Конус возможных направлений. Его внутренняя и внешняя аппроксимация.
3. Необходимые условия Куна–Таккера (линейный случай). Условия регулярности (линейность ограничений).
4. Необходимые условия Куна–Таккера (нелинейный случай). Необходимые условия оптимальности в геометрической форме.
5. Необходимые условия оптимальности Куна-Таккера. Необходимые условия оптимальности Фритца-Джона.
6. Теорема о замыкании конуса возможных направлений. Условия регулярности: независимость градиентов активных ограничений; условие Слейтера; линейность ограничений.
7. Теорема Куна–Таккера (локальная форма).
8. Теорема Куна–Таккера (нелокальная форма).
9. Необходимые условия Куна–Таккера (выпуклый случай).
10. Условие регулярности – условие Слейтера. Теорема Куна–Таккера для линейных ограничений .
11. Теория двойственности нелинейного программирования.
12. Понятия базиса, базисного решения, б.д.р. и крайней точки (вершины). Элементарное преобразование б.д.р. (базиса и симплекс-таблицы). Симплекс – метод.
13. Двойственные задачи линейного программирования (ЛП). Эквивалентность понятий б.д.р. и вершины многогранного множества. Понятие вырожденного и невырожденного б.д.р.
14. Критерий разрешимости задачи ЛП.
15. Первая и вторая теоремы двойственности линейного программирования. Понятие ребра многогранного множества
16. Интерпретация неразрешимости задачи ЛП в с.-м. как перемещения из текущей вершины по неограниченному ребру в направлении убывания целевой функции. Элементарное преобразование базиса и с.-т. Представление об элементарном преобразовании как движении из текущей вершины по ребру. Случай ограниченного ребра.
17. Метод искусственного базиса.
18. Анализ чувствительности: возмущение целевой функции и правых частей.
19. Анализ чувствительности: возмущение матрицы ограничений.
20. Лексикографический двойственный симплекс - метод.
21. Простейшая задача вариационного исчисления. Абсолютный, сильный, слабый экстремум. Необходимое условие слабого экстремума. Экстремали.
22. Частные случаи простейшей задачи вариационного исчисления. Задача о брахистохроне.
23. Обобщения простейшей задачи вариационного исчисления.

2. Перечень компетенций, этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкалы оценивания

2.1. Шкала оценивания сформированности компетенций и ее описание

Оценивание уровня сформированности компетенций в процессе освоения дисциплины осуществляется по следующей трехуровневой шкале:

Пороговый уровень - предполагает отражение тех ожидаемых результатов, которые определяют минимальный набор знаний и (или) умений и (или) навыков, полученных студентом в результате освоения дисциплины. Пороговый уровень является обязательным уровнем для студента к моменту завершения им освоения данной дисциплины.

Продвинутый уровень - предполагает способность студента использовать знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности, полученные при освоении дисциплины, для решения профессиональных задач. Продвинутый уровень превосходит пороговый уровень по нескольким существенным признакам.

Высокий уровень - предполагает способность студента использовать потенциал интегрированных знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, полученных при освоении дисциплины, для творческого решения профессиональных задач и самостоятельного поиска новых подходов в их решении путем комбинирования и использования известных способов решения применительно к конкретным условиям. Высокий уровень превосходит пороговый уровень по всем существенным признакам.

2.2. Перечень компетенций, этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Код компетенции	Форма контроля	Этапы формирования (№ темы (раздела))	Показатели оценивания	Шкала и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования		
				Пороговый уровень	Продвинутый уровень	Высокий уровень
Общепрофессиональные компетенции						
ОПК-1	Контрольные работы 1-3. Экзамен.	1-3	Знание основных понятий и принципов математического моделирования. Умение работать с научной литературой и другими источниками научно-технической информации: правильно читать математические символы; воспринимать и осмысливать информацию, содержащую математические термины.	<ul style="list-style-type: none">– Знать основные понятия и принципы математического моделирования.– Уметь работать с научной литературой и другими источниками научно-технической информации: правильно читать математические символы; воспринимать и осмысливать информацию, содержащую математические термины.	<ul style="list-style-type: none">– Знать основные методологические подходы к решению математических задач, возникающих в ходе практической деятельности– Уметь работать с научной литературой и другими источниками научно-технической информации: правильно понимать смысл текстов, описывающих математические методы и модели в профессиональной сфере	<ul style="list-style-type: none">– Знать этапы формализации прикладных задач с использованием системного подхода и методов экономико-математического моделирования

	Индивидуальные задания №1-17. Экзамен.	1–3	Владение навыками применения базового инструментария методов оптимизации для решения теоретических и практических задач	– Владеть навыками применения базового инструментария методов оптимизации для решения теоретических и практических задач	– Владеть навыками работы с математическими методами и моделями оптимизации в рамках своей профессиональной деятельности	– Уметь применять системный подход и математические методы в формализации решения прикладных задач – Владеть навыками применения системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач
--	---	-----	---	--	--	---

3. Методические рекомендации преподавателю по процедуре оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Целью процедуры оценивания является определение степени овладения студентом ожидаемыми результатами обучения (знаниями, умениями, навыками и (или) опытом деятельности).

Процедура оценивания степени овладения студентом ожидаемыми результатами обучения осуществляется с помощью методических материалов, представленных в разделе «Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций»

3.1 Критерии оценивания степени овладения знаниями, умениями, навыками и (или) опытом деятельности, определяющие уровни сформированности компетенций

Пороговый уровень (общие характеристики):

- владение основным объемом знаний по программе дисциплины;
- знание основной терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы без существенных ошибок;
- владение инструментарием дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач;
- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках рабочей программы дисциплины;
- усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
- знание базовых теорий, концепций и направлений по изучаемой дисциплине;
- самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, достаточный уровень культуры исполнения заданий.

Продвинутый уровень (общие характеристики):

- достаточно полные и систематизированные знания в объеме программы дисциплины;
- использование основной терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы;
- владение инструментарием дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно решать сложные задачи (проблемы) в рамках рабочей программы дисциплины;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку;
- самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

Высокий уровень (общие характеристики):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины;
- точное использование терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;

- безупречное владение инструментарием дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно и творчески решать сложные задачи (проблемы) в рамках рабочей программы дисциплины;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- активная самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

3.2 Описание процедуры выставления оценки

В зависимости от уровня сформированности каждой компетенции по окончании освоения дисциплины студенту выставляется оценка. Для дисциплин, изучаемых в течение нескольких семестров, оценка может выставляться не только по окончании ее освоения, но и в промежуточных семестрах. Вид оценки («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно») определяется рабочей программой дисциплины в соответствии с учебным планом.

Оценка «отлично» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована на высоком уровне.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на продвинутом уровне.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на пороговом уровне.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, у которого хотя бы одна компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована ниже, чем на пороговом уровне.

Приложение №2 к рабочей программе дисциплины «Методы оптимизации и исследование операций»

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Методы оптимизации и исследование операций» являются лекции, причем в достаточно большом объеме. Это связано с тем, что в основе изучения курса лежит довольно сложный математический аппарат, с помощью которого решаются довольно серьезные задачи. По большинству тем предусмотрены практические занятия, на которых происходит закрепление лекционного материала путем применения его к конкретным задачам и отработка навыков работы с математическим аппаратом.

Для успешного освоения дисциплины очень важно решение достаточно большого количества задач, как в аудитории, так и самостоятельно в качестве домашних заданий. Примеры решения задач разбираются на лекциях и практических занятиях, при необходимости по наиболее трудным темам проводятся дополнительные консультации. Основная цель решения задач – помочь усвоить фундаментальные понятия и основы информатики. Для решения всех задач необходимо знать и понимать лекционный материал. Поэтому в процессе изучения дисциплины рекомендуется регулярное повторение пройденного лекционного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо дома еще раз прорабатывать и при необходимости дополнять информацией, полученной на консультациях, практических занятиях или из учебной литературы.

Большое внимание должно быть уделено выполнению домашней работы. В качестве заданий для самостоятельной работы дома студентам предлагаются задачи, аналогичные разобранным на лекциях и практических занятиях или немного более сложные, которые являются результатом объединения нескольких базовых задач.

Для проверки и контроля усвоения теоретического материала, приобретенных практических навыков работы с аппаратом современной информатики, в течение семестра проводятся мероприятия текущей аттестации в виде 3-х контрольных работы по итогам изучения материала каждого раздела курса. Также проводятся консультации (при необходимости) по разбору заданий для самостоятельной работы, которые вызвали затруднения.

В конце семестра предусмотрен экзамен. Экзамен проводится в письменной форме и включает в себя теоретический вопрос и 3 и практических задания, по одному на каждый раздел курса. Задания сходны с заданиями из контрольных работ. На самостоятельную подготовку к экзамену выделяется 3-4 дня, во время подготовки к экзамену предусмотрена групповая консультация.

Освоить вопросы, излагаемые в процессе изучения дисциплины «Методы оптимизации и исследование операций» самостоятельно студенту крайне сложно. Это связано со сложностью изучаемого материала и большим объемом курса. Поэтому посещение всех аудиторных занятий является совершенно необходимым. Без упорных и регулярных занятий в течение семестра сдать экзамен по итогам изучения дисциплины студенту практически невозможно.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине

При самостоятельной работе рекомендуется использовать учебную литературу с подробно разобранными решениями задач. К таким можно отнести следующие издания:

1. [Заславский Ю. Л. Сборник задач по линейному программированию: учеб. пособие для вузов. / Ю. Л. Заславский; М-во высш. и среднего спец. образования - М.: Наука, 1969. - 256 с.](#)
2. Ларин Р. М. , Плясунов А. В. , Пяткин А. В. Методы оптимизации. Примеры и задачи: Учеб . пособие / Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2003, 115с. (<http://www.math.nsc.ru/LBRT/k5/Plyasunov/opt-2.html>)
3. Методы оптимизации : метод. указания / сост. Н. В. Легков ; Яросл. гос. ун-т, Ярославль, ЯрГУ, 2008, 32с
4. Методы оптимизации : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / под ред. Ф. П. Васильева, М., Юрайт, 2016, 375 с.

Также для подбора учебной литературы рекомендуется использовать широкий спектр интернет-ресурсов:

1. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» (www.biblioclub.ru) - электронная библиотека, обеспечивающая доступ к наиболее востребованным материалам-первоисточникам, учебной, научной и художественной литературе ведущих издательств (*регистрация в электронной библиотеке – только в сети университета. После регистрации работа с системой возможна с любой точки доступа в Internet.).

2. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" (<http://window.edu.ru/library>).

Целью создания информационной системы "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" (ИС "Единое окно ") является обеспечение свободного доступа к интегральному каталогу образовательных интернет-ресурсов и к электронной библиотеке учебно-методических материалов для общего и профессионального образования.

Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" создана по заказу Федерального агентства по образованию в 2005-2008 гг. Главной разработчик проекта - Федеральное государственное автономное учреждение Государственный научно-исследовательский институт информационных технологий и телекоммуникаций (ФГАУ ГНИИ ИТТ "Информика") www.informika.ru.

ИС "Единое окно" объединяет в единое информационное пространство электронные ресурсы свободного доступа для всех уровней образования в России. Разделы этой системы:

- **Электронная библиотека** – является крупнейшим в российском сегменте Интернета хранилищем полнотекстовых версий учебных, учебно-методических и научных материалов с открытым доступом. Библиотека содержит более 30 000 материалов, источниками которых являются более трехсот российских вузов и других образовательных и научных учреждений. Основу наполнения библиотеки составляют электронные версии учебно-методических материалов, подготовленные в вузах, прошедшие рецензирование и рекомендованные к использованию советами факультетов, учебно-методическими комиссиями и другими вузовскими структурами, осуществляющими контроль учебно-методической деятельности.

- **Интегральный каталог образовательных интернет-ресурсов** содержит представленные в стандартизированной форме метаданные внешних ресурсов, а также содержит описания полнотекстовых публикаций электронной библиотеки. Общий объем каталога превышает 56 000 метаописаний (из них около 25 000 - внешние ресурсы).

Расширенный поиск в "Каталоге" осуществляется по названию, автору, аннотации, ключевым словам с возможной фильтрацией по тематике, предмету, типу материала, уровню образования и аудитории.

- **Избранное.** В разделе представлены подборки наиболее содержательных и полезных, по мнению редакции, интернет-ресурсов для общего и профессионального образования.

- **Библиотеки вузов.** Раздел содержит подборки сайтов вузовских библиотек, электронных каталогов библиотек вузов и полнотекстовых электронных библиотек вузов.

Для самостоятельного подбора литературы в библиотеке ЯрГУ рекомендуется использовать:

1. Личный кабинет (http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_login.php) дает возможность получения on-line доступа к списку выданной в автоматизированном режиме литературы, просмотра и копирования электронных версий изданий сотрудников университета (учеб. и метод. пособия, тексты лекций и т.д.) Для работы в «Личном кабинете» необходимо зайти на сайт Научной библиотеки ЯрГУ с любой точки, имеющей доступ в Internet, в пункт меню «Электронный каталог»; пройти процедуру авторизации, выбрав вкладку «Авторизация», и заполнить представленные поля информации.

2. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ
(http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php) содержит более 2500 полных текстов учебных и учебно-методических материалов по основным изучаемым дисциплинам, изданных в университете. Доступ в сети университета, либо по логину/пароллю.

3. Электронная картотека «Книгообеспеченность»
(http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_bookreq_find.php) раскрывает учебный фонд научной библиотеки ЯрГУ, предоставляет оперативную информацию о состоянии книгообеспеченности дисциплин основной и дополнительной литературой, а также цикла дисциплин и специальностей. Электронная картотека «Книгообеспеченность» доступна в сети университета и через Личный кабинет.