

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Владимир Александрович Шамахов
Должность: директор
Дата подписания: 19.01.2022 11:15:08
Уникальный программный ключ:
2ca9543fd4843214a9c911304a24cc3a6f9d0cc9

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
И ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЛУЖБЫ
ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»**

СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ИНСТИТУТ УПРАВЛЕНИЯ – филиал РАНХиГС

Кафедра бизнес-информатики

УТВЕРЖДЕНА
решением методической комиссии по
направлениям 38.03.05 «Бизнес-
информатика», 09.06.01
«Информатика и вычислительная
техника» Северо-Западный институт
управления – филиал РАНХиГС
Протокол от «29» мая 2020 г. № 7

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДВ.01.02 «Методы исследования операций и принятия решений»**

09.06.01 Информатика и вычислительная техника
(код, наименование направления подготовки)

«Системный анализ, управление и обработка информации»
(направленность)

Исследователь. Преподаватель-исследователь
(квалификация)

очная/заочная
(форма обучения)

Год набора – 2021

Санкт-Петербург, 2020 г.

Автор–составитель:

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры Бизнес-информатики Гейда Александр Сергеевич

Заведующий кафедрой Бизнес-информатики:

доктор военных наук, кандидат технических наук, профессор
Наумов Владимир Николаевич

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Объем и место дисциплины в структуре образовательной программы
3. Содержание и структура дисциплины
4. Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся и фонд оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине
 - 4.1. Формы и методы текущего контроля успеваемости обучающихся и промежуточной аттестации
 - 4.2. Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся
 - 4.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации
 - 4.4. Методические материалы
5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины
6. Учебная литература и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине
 - 6.1. Основная литература
 - 6.2. Дополнительная литература
 - 6.3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
 - 6.4. Нормативные правовые документы
 - 6.5. Интернет-ресурсы
 - 6.6. Иные источники
7. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения программы

1.1 Дисциплина «Методы исследования операций и принятия решений» обеспечивает овладение следующими компетенциями:

Таблица 1

Код компетенции	Наименование компетенции	Код этапа освоения компетенции	Наименование этапа освоения компетенции
ОПК-3	способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности	ОПК-3.1	Способность формулировать оптимизационные задачи, выбирать методы их решения, формировать алгоритмы и средства решения оптимизационных задач для исследуемой предметной области
ПК-1	владеть способностью формализации и постановки задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации	ПК-1.2	Способность формализации и постановки задач системного анализа
ПК-2	владеть способностью разработки критериев и моделей описания и оценки эффективности решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации	ПК-2.1	Способность разработки критериев и моделей описания и оценки эффективности решения задач системного анализа
ПК-3	владеть методами и алгоритмами прогнозирования и оценки эффективности, качества и надежности сложных систем	ПК-3.2	владеть основными методами и алгоритмами прогнозирования и оценки эффективности, качества и надежности систем
ПК-5	владеть организацией применения информационных технологий при решении задач системного анализа, управления и обработки информации, проектирования и разработки математического и программного обеспечения систем	ПК-5.2	владеть организацией применения информационных технологий при решении задач системного анализа, задач оптимизации

1.2. В результате освоения дисциплины у студентов должны быть сформированы:

Таблица 2

ОТФ/ТФ (при наличии профстандарта)/ профессиональные действия	Код этапа освоения компетенции	Результаты обучения
способности: подготавливать данные для проведения аналитических работ; проводить аналитическое исследование в соответствии с согласованными требованиями	ОПК-3.1	Знать: основные положения теории оптимизации и исследования операций; роль теории оптимизации и математического программирования в современном мире, мировой культуре и истории.
		Уметь: использовать методы и модели оптимизации для решения задач принятий решений и управления; применять программные средства поддержки принятия оптимальных решений
		Владеть: методами теории оптимизации при анализе конкретных ситуаций с учетом критериев социально-экономической эффективности.
способности работать с компьютером как средством	ПК-1.2	Знать: аналитический аппарат, применяемый в формировании

ОТФ/ТФ (при наличии профстандарта)/ профессиональные действия	Код этапа освоен ия компет енции	Результаты обучения
управления информацией, работать с информацией из различных источников, в том числе в глобальных компьютерных сетях		вариантов оптимальных решений
		Уметь: использовать методы и модели оптимизации для решения оптимальных задач принятий решений.
		Владеть: аналитическим аппаратом, применяемым при решении задач системного анализа сложных социально-экономических процессов и систем ; методами теории оптимизации для решения задач определения эффективности, оценки рисков и возможных социально-экономических последствий.
способности работать с компьютером как средством управления информацией, работать с информацией из различных источников, в том числе в глобальных компьютерных сетях	ПК-2.1	Знать: аналитический аппарат теории оптимизации, применяемый в прогнозировании вариантов решений и оценки их эффективности.
		Уметь: использовать методы и модели теории оптимизации для решения задач принятий решений, управления и обработки информации
		Владеть: аналитическим аппаратом, применяемым в оптимизационных моделях управленческих решений; методами теории принятия решений и исследования операций при прогнозировании конкретных ситуаций с учетом критериев социально-экономической эффективности и их оценки.
способности работать с компьютером как средством управления информацией, работать с информацией из различных источников, в том числе в глобальных компьютерных сетях; решать задачи сбора, обработки и анализа больших данных с использованием существующей в организации методологической и технологической инфраструктуры	ПК-3.2	Знать: роль теории принятия оптимальных решений в современном мире, мировой культуре и истории
		Уметь: применять программные средства поддержки принятия оптимальных решений.
		Владеть: методами теории принятия оптимальных решений и исследования операций при анализе конкретных ситуаций с учетом критериев возможных социально-экономических последствий.
выполнять обобщенную трудовую функцию по управлению проектами в области ИТ любого масштаба в условиях высокой неопределенности, вызываемой запросами на изменения и рисками, и с учетом влияния организационного окружения проекта; разработка новых инструментов и методов управления проектами в области ИТ	ПК-5.2	Знать: роль математического программирования и применения информационных технологий в моделировании управленческих решений социально-экономических систем.
		Уметь: применять программные средства и различные информационные технологии при решении задач оптимального управления социальными и экономическими системами, организацией проектирования и разработки программного обеспечения социальных и экономических систем поддержки принятия оптимальных решений.
		Владеть: навыками использования различных информационных технологий в области теории оптимизации и исследования операций.

2. Объем и место дисциплины в структуре ОП ВО

Общий объем дисциплины составляет 72 часа (2 ЗЕТ).

Таблица 3

Вид работы	Трудоемкость в академ.(астроном.) часах очно/заочно
Общая трудоемкость	72(54)/72(54)
<i>Аудиторная работа</i>	36(27)/12(9)
Лекции	12(9)/4(3)
Семинары и практические занятия	24(18)/8(6)
Самостоятельная работа	30(22,5)/54(40,5)
Виды текущего контроля	Тестирование, контрольная работа, реферат / Тестирование, контрольная работа, реферат
Вид промежуточного контроля	Зачет (6/6)

Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.02 «Методы исследования операций и принятия решений» относится к вариативной части учебного плана по направлению 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника». Преподавание дисциплины «Оптимизация и математическое программирование» основано на дисциплинах – Б1.В.01.02 «Актуальные вопросы и проблемы информатики и вычислительной техники», Б1.В.01.04 «Современные методы исследования и информационно-коммуникативные технологии», Б1.В.01.03 «Методология теоретических и экспериментальных исследований». В свою очередь она создаёт необходимые предпосылки для освоения программ таких дисциплин, как Б1.В.01.01 «Системный анализ, управление и обработка информации, кандидатский экзамен», а также практик, научных исследований, выполнении выпускной квалификационной работы.

Дисциплина изучается на 2-м курсе. Формой промежуточной аттестации в соответствии с учебным планом является зачет.

3.Содержание и структура дисциплины

Таблица 3

Очная форма обучения

№ п/п	Наименование тем	Объем дисциплины (модуля), час.					Форма текущего контроля успеваемости*, промежуточной аттестации	
		Всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий					СР
			Л	ЛР	ПЗ	КСР		
Тема 1	Формулировка задач математического программирования. Классическая оптимизация	12	2		4		6	Т
Тема 2	Линейное программирование	14	2		6		6	Т/КР
Тема 3	Транспортная задача линейного программирования	12	2		4		6	Т/КР
Тема 4.	Нелинейное программирование. Введение в целочисленное программирование	16	4		10		6	Т/КР/Реферат
Тема 5	Многошаговые	12	4		10		6	Т/КР/Реферат

	процессы принятия решений. Динамическое программирование							
Промежуточная аттестация		6					6	Зачет
Всего (акад./астр. часы):		72/54	12/9		24/18		36/27	

Заочная форма обучения

№ п/п	Наименование тем	Объем дисциплины (модуля), час.					СР	Форма текущего контроля успеваемости*, промежуточной аттестации
		Всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий					
			Л	ЛР	ПЗ	КСР		
Тема 1	Формулировка задач математического программирования. Классическая оптимизация	12	1		2		9	Т
Тема 2	Линейное программирование	14	1		2		11	Т/КР
Тема 3	Транспортная задача линейного программирования	12					12	Т/КР
Тема 4.	Нелинейное программирование. Введение в целочисленное программирование	16	1		2		13	Т/КР/Реферат
Тема 5	Многошаговые процессы принятия решений. Динамическое программирование	12	1		2		9	Т/КР/Реферат
Промежуточная аттестация		6					6	Зачет/Зачет
Всего (акад./астр. часы):		72/54	4/3		8/6		60/45	

* – контрольные работы (КР), тестирование (Т)

Содержание дисциплины

Тема 1: Линейное программирование

Задача нахождения условного экстремума (минимума или максимума при наличии ограничений). Общая формулировка задачи линейного программирования. Приведение задачи к каноническому виду. Графический метод решения задачи линейного программирования с двумя независимыми переменными. Решение задачи линейного программирования с использованием симплекс – таблиц. Принципы оптимальности и допустимости. Замена набора базисных переменных. Критерий оптимальности решения. Двойственность задачи линейного программирования. Основные теоремы двойственности. Метод искусственного базиса.

Тема 2 Стохастическое программирование

Задачи стохастического программирования. Стохастические квазиградиентные методы. Методы стохастической аппроксимации. Методы с операцией усреднения. Методы случайного поиска. Стохастические задачи с ограничениями вероятностей природы. Стохастические разностные методы.

Тема 3 Дискретное программирование

Методы и задачи дискретного программирования. Задачи целочисленного линейного программирования. Методы отсечения Гомори. Метод ветвей и границ. Задача о назначениях. Венгерский алгоритм.

Тема 4: Многошаговые процессы принятия решений. Динамическое программирование

Понятие динамического или поэтапного программирования. Разбиение задачи на этапы. Оптимизация решения на каждом из этапов. Составление рекуррентных уравнений Беллмана. Уравнение связи переменных. Прямая и обратная прогонка. Примеры задач динамического программирования. Задача о распределении ресурсов. Связь сетевых моделей с моделями динамического программирования. Задача выборе кратчайшего пути.

Тема 5 Модели и методы формализации практических задач принятия решений, решение задач группового выбора, экспертного выбора и задач многокритериального выбора

Концептуальные и формальные модели. Методы формализации практических задач. Операционные свойства систем и целевые функции. Модели задач принятия решений, их виды. Элементы моделей задач принятия решений, их описание. Примеры формализации практических задач как задач принятия решения. Задачи группового выбора, экспертного выбора и задач многокритериального выбора, их модели. Методы решения задач группового выбора, экспертного выбора и задач многокритериального выбора.

4. Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся и фонд оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине

4.1. Формы и методы текущего контроля успеваемости

4.1.1. В ходе реализации дисциплины «Оптимизация управления в социально-экономических системах» используются следующие методы текущего контроля успеваемости обучающихся:

Таблица 4

Тема (раздел)	Формы (методы) текущего контроля успеваемости
Тема 1. Формулировка задач математического программирования. Классическая оптимизация	Тест
Тема 2. Линейное программирование	Тест, контрольная работа
Тема 3. Транспортная задача линейного программирования	Тест, контрольная работа
Тема 4. Нелинейное программирование. Введение в целочисленное программирование	Тест, контрольная работа, реферат
Тема 5. Многошаговые процессы принятия решений. Динамическое программирование	Тест, контрольная работа, реферат

4.1.2. Зачет проводится с применением следующих методов (средств) :

Зачет проводится в компьютерном классе. Зачет производится в устной форме.

4.2. Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся.

4.2.1. Домашние контрольные задания.

Практическое контрольное задание 1 Приведен один вариант контрольной работы. Контрольная работа состоит из вариантов решения задач исследования операций. Пример варианта решения задачи

Задача 1. Решить дробно-линейную задачу нелинейного программирования

$$f = \frac{x_1 + 2x_2}{3x_1 + x_2} \rightarrow \max;$$
$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 = 8 \\ x_1 + x_2 = 5 \end{cases}$$

Задача 2. Исследовать на оптимальность функцию

$$Z(x_1, x_2) = x_1^2 + 2x_2^2,$$

при ограничениях:

$$g_1(x_1, x_2) = x_1 + 2x_2 = 6.$$

Задача 3. Графоаналитическим методом найти максимум функции $f(X) = 2x_1 - 6x_2$ при ограничениях

$$\begin{cases} x_1 + x_2 \geq 2 \\ x_1 + 2x_2 \leq 8 \\ x_1, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

Задача 4. Симплекс-методом решить задачу линейного программирования

$$Z = f(x_1, x_2) = 2x_1 + 2x_2 \rightarrow \max;$$
$$\begin{cases} 2x_1 + x_2 \leq 3 \\ x_1 + 3x_2 \leq 6 \\ x_1, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

Ответ $Z = 4,8$

Задача 5. Найти оптимальный план, если транспортная таблица имеет вид

	B1	B2	B3	
A1	2	2	4	60
A2	4	3	2	20
A3	3	5	3	30
	40	40	30	

4.2.2. Темы рефератов

При написании реферата исследовать частную проблему, определенную в теме реферата. Описать содержание, иллюстрировать примерами, интерпретировать результаты их решения.

1. Дискретное программирование в экономико-математическом анализе.
2. Прикладные задачи целочисленного программирования.
3. Многокритериальные задачи оптимизации.
4. Функция полезности и ее использовании в задачах оптимизации.

5. Требования к критерию и показателям эффективности.
6. Оптимизационные задачи на графах и сетях.
7. Методы оптимизации в многокритериальных задачах.
8. Методы анализа динамики экономических процессов.
9. Прогнозирование экономических процессов.
10. Методы корреляционного и факторного экономико-математического анализа.
11. Балансовые модели.
12. Прикладные задачи теории статистических решений.
13. Модель межгрупповых отношений
14. Модель обслуживания заявок
15. Модель оптимизации доходов при решении экономических задач
16. Модель обоснования структуры системы
17. Модель оценки качества сложных иерархических систем
18. Математическая модель динамического процесса
19. Многокритериальная модель выбора альтернативы.
20. Модель анализа рисков в социально-экономическом процессе.
21. Модели бизнес-процессов.

4.2.3. Тестовые задания по темам дисциплины

Типовые тесты.

В каждом из тестов проиллюстрировать умение решать задачи оптимизации и математического программирования, их применения при решении задач принятия решений.

1. ЗАДАНИЕ № 1.

Графоаналитическим методом найти максимум функции $f(X) = 2x_1 - 6x_2$ при ограничениях

$$\begin{cases} x_1 + x_2 \geq 2 \\ x_1 + 2x_2 \leq 8 \\ x_1, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) 2.
- 2) 14.
- 3) 16.
- 4) 15.

ЗАДАНИЕ № 2. Графоаналитическим методом решить задачу линейного программирования

$$\begin{aligned} &x_1 + 2x_2 \rightarrow \min; \\ &\begin{cases} 2x_1 + x_2 \geq 3 \\ x_1 + x_2 \geq 2 \end{cases} \\ &x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{aligned}$$

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) 1.
- 2) 2.
- 3) 3.
- 4) 4.

ЗАДАНИЕ № 3. Найдите замкнутые транспортные задачи линейного программирования, если транспортные таблицы имеют вид

	ПН	B ₁	B ₂	B ₃	Запасы
--	----	----------------	----------------	----------------	--------

ПО				a_i
A_1	2	5	2	90
A_2	4	1	5	400
A_3	3	6	8	110
Заявки b_j	140	300	160	

ПО \ ПН	B_1	B_2	B_3	Запасы a_i
A_1	2	5	2	90
A_2	4	1	5	400
A_3	3	6	8	140
Заявки b_j	140	300	160	

ПН \ ПО	B_1	B_2	B_3	Запасы a_i
A_1	2	5	2	80
A_2	4	1	5	400
A_3	3	6	8	110
Заявки b_j	140	300	160	

ПО \ ПН	B_1	B_2	B_3	Запасы a_i
A_1	2	5	2	90
A_2	4	1	5	410
A_3	3	6	8	110
Заявки b_j	140	300	160	

ЗАДАНИЕ № 4 (выберите один вариант ответа)

Линейное программирование - это:

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) Задача нахождения условного экстремума линейной целевой функции с произвольными ограничениями.
- 2) Задача нахождения безусловного экстремума линейной целевой функции.
- 3) Задача нахождения условного экстремума линейной целевой функции с линейными ограничениями.
- 4) Задача компьютерного решения системы линейных уравнений.

ЗАДАНИЕ № 5 (выберите несколько вариантов ответа)

Допустимым решением называют решение, которое:

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) Удовлетворяет всем ограничениям.
- 2) Максимизирует целевую функцию и удовлетворяет ограничениям.
- 3) Минимизирует целевую функцию.
- 4) Удовлетворяет только ограничениям – равенствам.

ЗАДАНИЕ № 6 (выберите несколько вариантов ответа)

В графическом методе задачи линейного программирования каждому базисному решению соответствует:

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) Угловая точка области допустимых решений.
- 2) Пара угловых точек области допустимых решений.
- 3) Множество точек поверхности безразличия решений.

- 4) Грань области допустимых решений.

ЗАДАНИЕ № 7 (выберите один вариант ответа)

В задаче об использовании ресурсов ищутся:

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) Оптимальные цены на выпускаемую продукцию.
- 2) Оптимальный запас дефицитных ресурсов.
- 3) Оптимальные виды выпускаемой продукции.
- 4) Оптимальная прибыль.

ЗАДАНИЕ № 8 (выберите один вариант ответа)

В основе симплексного метода лежит:

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) Переход к другой угловой точке ОДР, оптимизирующий решение.
- 2) Случайный переход к другой угловой точке области допустимых решений (ОДР).
- 3) Случайный переход к соседней угловой точке ОДР.
- 4) Переход к соседней угловой точке ОДР, оптимизирующий решение.

ЗАДАНИЕ № 9 (выберите один вариант ответа)

Основной целью транспортной задачи является:

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) Нахождение всех допустимых схем перевозки.
- 2) Нахождение оптимальной схемы перевозки.
- 3) Определение объемов запаса в начальных пунктах.
- 4) Определение востребованного объема груза в конечных пунктах.

ЗАДАНИЕ № 10 (выберите несколько вариантов ответа)

Динамическое программирование:

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) Подразумевает обязательную зависимость целевой функции от времени.
- 2) Позволяет разбить задачу оптимизации на этапы.
- 3) Основывается на составлении рекуррентной системы уравнений, связывающей целевые функции на различных этапах.
- 4) Имеет своей целью нахождение управляющих переменных, приводящих к оптимальному решению задачи в целом.

ЗАДАНИЕ № 11. (выберите один вариант ответа)

Основной целью задачи сетевого программирования является:

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) Нахождение критического пути.
- 2) Построение сети.
- 3) Оптимизация сети.
- 4) Установление связей между элементами сети.

ЗАДАНИЕ № 12. (выберите один вариант ответа)

Основной задачей теории игр является:

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) Нахождение оптимальных стратегий участников конфликтных ситуаций.
- 2) Определение возможных чистых стратегий участников конфликтных ситуаций.
- 3) Устранение конфликтной ситуации.
- 4) Оптимизация конфликтной ситуации.

ЗАДАНИЕ № 13. (выберите несколько вариантов ответа)

Игра имеет оптимальное решение в рамках чистых стратегий, когда:

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) Седловые точки отсутствуют.
- 2) Седловые точки присутствуют.
- 3) Нижняя и верхняя цены игры совпадают.
- 4) Нижняя и верхняя цены игры различаются.

4.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации.

4.3.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Показатели и критерии оценивания компетенций с учетом этапа их формирования

В результате освоения дисциплины у студентов должны быть сформированы:

Таблица 6

Код компетенции	Наименование компетенции	Код этапа освоения компетенции	Наименование этапа освоения компетенции
ОПК-3	способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности	ОПК-3.1	Способность формулировать оптимизационные задачи, выбирать методы их решения, формировать алгоритмы и средства решения оптимизационных задач для исследуемой предметной области
ПК-1	владеть способностью формализации и постановки задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации	ПК-1.2	Способность формализации и постановки задач системного анализа
ПК-2	владеть способностью разработки критериев и моделей описания и оценки эффективности решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации	ПК-2.1	Способность разработки критериев и моделей описания и оценки эффективности решения задач системного анализа
ПК-3	владеть методами и алгоритмами прогнозирования и оценки эффективности, качества и надежности сложных систем	ПК-3.2	владеть основными методами и алгоритмами прогнозирования и оценки эффективности, качества и надежности систем
ПК-5	владеть организацией применения информационных технологий при решении задач системного анализа, управления и обработки информации, проектирования и разработки математического и программного обеспечения систем	ПК-5.2	владеть организацией применения информационных технологий при решении задач системного анализа, задач оптимизации

Таблица 5

Этап освоения компетенции	Показатель оценивания	Критерий оценивания
ОПК-3.1	<p>1. Демонстрирует способность анализировать предметную область в соответствии с выбранной темой исследования</p> <p>2. Демонстрирует умение проводить анализ объекта и предмета исследования, проводить анализ научных исследований по теме диссертации.</p> <p>3. Демонстрирует способность решать частные задачи оптимизации, использовать средства ИКТ.</p>	<p>1. Полнота и качество выполнения отчета по научно-исследовательской работе.</p> <p>2. Полнота представленной библиографии, ее качество, глубина проработки.</p> <p>3. Наличие отзыва от научного руководителя, его выводы о результативности работы.</p> <p>4. Качество выполнения заданий, тестирования.</p> <p>5. Правильность и полнота ответов во время зачета</p>
ПК-1.2	<p>1. Самостоятельно формулирует проблему исследования с использованием методов системного анализа, приводит результаты оценки современного состояния исследуемой предметной области.</p> <p>2. Представляет реферат по теме, предложенной научным руководителем или выбранной самостоятельно.</p> <p>3. Демонстрирует знание основных положений теоретических вопросов, вынесенных на экзамен по специальности</p>	<p>1. Полнота и проработанность вопросов, представленных в реферате.</p> <p>2. Глубина исследования решаемой проблемы.</p> <p>3. Полнота и правильность ответов на вопросы экзамена по специальности.</p> <p>4. Полнота и качество выполнения отчета по научно-исследовательской работе.</p> <p>5. Наличие отзыва от научного руководителя, его выводы о результативности работы.</p>
ПК-2.1	<p>1. Демонстрирует способность анализировать предметную область в соответствии с выбранной темой исследования</p> <p>1. Демонстрирует умение проводить анализ объекта и предмета исследования, проводить анализ научных исследований по теме диссертации.</p> <p>2. Демонстрирует способность решать частные задачи оценки эффективности с использованием средств ИКТ.</p>	<p>1. Качество выполнения заданий, тестирования.</p> <p>2. Правильность и полнота ответов во время зачета</p>
ПК-3.2	<p>1. Самостоятельно формулирует проблему исследования с использованием методов системного анализа, приводит результаты оценки современного состояния исследуемой предметной области.</p> <p>2. Представляет реферат по теме,</p>	<p>1. Полнота и правильность ответов на вопросы</p>

Этап освоения компетенции	Показатель оценивания	Критерий оценивания
	предложенной научным руководителем или выбранной самостоятельно.	
ПК-5.2	<p>1. Самостоятельно формулирует проблему исследования с использованием методов системного анализа, приводит результаты оценки современного состояния исследуемой предметной области.</p> <p>2. Представляет реферат по теме, предложенной научным руководителем или выбранной самостоятельно.</p> <p>3. Демонстрирует знание основных положений теоретических вопросов, вынесенных на экзамен по специальности</p>	<p>1. Глубина исследования решаемой проблемы.</p> <p>2. Полнота и правильность ответов на вопросы.</p> <p>3. Использование ИКТ</p>

4.3.2 Типовые оценочные средства

Типовые вопросы, выносимые на зачет

8. Сделать математическую постановку и классифицировать задачи оптимизации.
9. Перечислить классические задачи оптимизации. Описать организацию их решения. Сформулировать необходимые и достаточные условия экстремума. Характеризовать матрицу Гессе
10. Сформулировать содержание задачи условной оптимизации. Определить понятие выпуклых и вогнутых множеств и функций.
11. Характеризовать метод множителей Лагранжа, понятие функции и множителей Лагранжа. Сформулировать понятие окаймленной матрицы Гессе. Сформулировать необходимые и достаточные условия условной оптимизации. Продемонстрировать решения задачи оптимизации методом множителей Лагранжа. Дать определение положительно определенной, отрицательно определенной матрицы Гессе.
12. Выполнить общую постановку задачи линейного программирования. Характеризовать задачу линейного программирования. Привести методы их решения. Определить допустимое, базисное и оптимальное решения.
13. Описать содержание симплекс-метода решения задачи линейного программирования. Проиллюстрировать табличный способ решения задачи.
14. Характеризовать М-метод решения задачи линейного программирования.
15. Сформулировать двойственную задачу линейного программирования. Определить теоремы двойственной теории линейного программирования. Дать экономическое содержание двойственной задачи линейного программирования.
16. Определить понятие устойчивости оптимального решения в задаче об использовании ресурсов к колебаниям цен на продукцию. Привести примеры. Проиллюстрировать проверку устойчивости с помощью надстройки «Поиск решения».
17. Дать определение транспортной задачи линейного программирования. Привести примеры транспортной задачи. Определить понятие открытой и закрытой задачи.
18. Пояснить организацию поиска оптимального плана транспортной задачи. Описать метод потенциалов. Проиллюстрировать решение задачи.
19. Сделать постановку, классифицировать задачи нелинейного программирования

20. Характеризовать задачи выпуклого программирования. Сформулировать условия Куна-Таккера.
21. Сделать обзор численных методов решения задач нелинейного программирования. Характеризовать метод Ньютона-Рафсона.
22. Объяснить содержание метода наискорейшего подъема.
23. Сделать обзор методов целочисленного программирования. Уточнить особенности решения задачи методом ветвей и границ.
24. Характеризовать задачу динамического программирования. Привести примеры задач динамического программирования.
25. Сформулировать принцип оптимальности Беллмана. Составить рекуррентные уравнения Беллмана.
26. Характеризовать содержание задачи распределения ресурсов.
27. Показать связь сетевого и динамического программирования.
28. Перечислить проблемы и методы теории принятия решений.
29. Перечислить и характеризовать этапы принятия решений.
30. Определить критерии принятия решений. Характеризовать отношения предпочтения в критериальном пространстве.
31. Пояснить принцип оптимальности Парето. Дать геометрическую интерпретацию на основе угла предпочтения, конуса предпочтения.
32. Характеризовать основные методы сужения множества выбираемых решений при многокритериальной оптимизации. Уточнить метод уступок.
33. Описать метод идеальной точки для сужения множества Парето.
34. Описать классические критерии принятия решений.
35. Выполнить сравнительный анализ критериев в задачах принятия решения в условиях неопределенности. Характеризовать минимаксный критерий (Вальда) принятия решений.
36. Выполнить сравнительный анализ критериев в задачах принятия решения в условиях неопределенности. Характеризовать критерий Бейеса-Лапласа принятия решений.
37. Выполнить сравнительный анализ критериев в задачах принятия решения в условиях неопределенности. Характеризовать критерий Сэвиджа принятия решений.
38. Выполнить сравнительный анализ критериев в задачах принятия решения в условиях неопределенности. Характеризовать критерий Гурвица принятия решений.
39. Выполнить сравнительный анализ критериев в задачах принятия решения в условиях неопределенности. Характеризовать критерий Ходжа-Лемана принятия решений.
40. Определить относительную важность критериев, несравнимо более важные критерии, лексикографическое отношение предпочтения.
41. Объяснить определение приоритетов, сужение множества Парето с учетом информации об относительной важности критериев.
42. Объяснить инвариантность критериев относительно линейных преобразований. Связь с относительной важностью критериев.
43. Показать организацию уменьшения числа критериев путем свертывания и построения среднего взвешенного критерия. Определить частные и глобальные критерии.
44. Характеризовать метод ограничений при многокритериальной оптимизации. Сведение к задаче линейного программирования. Решение на одном шаге.
45. Характеризовать метод ограничений при многокритериальной оптимизации. Корректировка весов критериев. Итерационный алгоритм решения.
46. Описать процедуру исследования устойчивости решений при учете приоритета с использованием принципа равенства при выборе компромиссного решения.
47. Описать процедуру исследования устойчивости решений при учете приоритета на основе принципа равномерности при выборе компромиссного решения.
48. Описать процедуру исследования устойчивости решений при учете приоритета с помощью метода максимизации взвешенной суммы критериев (Бейеса-Лапласа).

49. Характеризовать организацию группового выбора, содержание решения задач формирования экспертной группы, получения персональных экспертных оценок.
50. Объяснить содержание метода группового выбора, принятия решений на основе методов экспертной оценки, характеризовать метод парных сравнений., понятие собственных чисел и собственных векторов матрицы парных сравнений.
51. Объяснить содержание метода группового выбора, организации принятия решений с применением методов экспертной оценки, оценки однородности суждений экспертов в методе парных сравнений.
52. Объяснить содержание метода группового выбора, формирования группового мнения экспертов путем осреднения на уровне матриц парных сравнений.
53. Объяснить содержание метода группового выбора, формирования группового мнения экспертов путем осреднения на уровне собственных векторов матриц парных сравнений.
54. Характеризовать алгоритм нахождения оптимального решения методом минимального отклонения при использовании методов экспертной оценки.
55. Объяснить и проиллюстрировать как выполняется анализ согласованности мнений экспертов с помощью коэффициента конкордации.
56. Объяснить и проиллюстрировать как выполняется анализ согласованности мнений экспертов на базе матрицы согласованности: векторы отклонений мнений экспертов, их геометрический смысл.
57. Объяснить и проиллюстрировать как выполняется анализ согласованности мнений экспертов на базе матрицы согласованности: нахождение элементов матрицы согласованности, их смысл.
58. Объяснить и проиллюстрировать как выполняется анализ согласованности мнений экспертов с помощью матрицы согласованности: выявление группировок экспертов.
59. Объяснить и проиллюстрировать как выполняется принятие решений с применением методов экспертной оценки: построение и использование матрицы компетентности экспертов.
60. Характеризовать процедуру структурирования области для принятия решений. Определить сетевой граф и дерево решений, их построение.
61. Проиллюстрировать однокритериальную задачу оптимизации в дереве решений; метод расчета.
62. Описать метод анализа иерархий (Саати) для принятия оптимального решения: построение матриц парных сравнений альтернатив и критериев.
63. Описать метод анализа иерархий (Саати) для принятия оптимального решения: анализ согласованности матриц парных сравнений.
64. Описать метод анализа иерархий (Саати) для принятия оптимального решения: расчет глобального вектора приоритетов.
65. Перечислить и указать роль математических дисциплин, применяемых в теории принятия решений.

Шкала оценивания.

Оценка результатов производится на основе балльно-рейтинговой системы (БРС). Использование БРС осуществляется в соответствии с приказом от 28 августа 2014 г. №168 «О применении балльно-рейтинговой системы оценки знаний студентов». БРС по дисциплине отражена в схеме расчетов рейтинговых баллов (далее – схема расчетов). Схема расчетов сформирована в соответствии с учебным планом направления, согласована с руководителем научно-образовательного направления, утверждена деканом факультета. Схема расчетов доводится до сведения студентов на первом занятии по данной дисциплине и является составной частью рабочей программы дисциплины и содержит информацию по изучению дисциплины, указанную в Положении о балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в РАНХиГС.

На основании п. 14 Положения о балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в РАНХиГС в институте принята следующая шкала перевода оценки из многобалльной системы в пятибалльную:

Таблица 6

Количество баллов	Экзаменационная оценка	
	прописью	буквой
86 - 100	отлично	А
78 - 85	хорошо	В
66 - 77	хорошо	С
61 - 65	удовлетворительно	Д
51 – 60	удовлетворительно	Е
0 - 50	неудовлетворительно	ЕХ

Шкала перевода оценки из многобалльной в систему «зачтено»/ «не зачтено»:

Таблица 7

от 0 до 50 баллов	«не зачтено»
от 51 до 100 баллов	«зачтено»

Примечание: если дисциплина изучается в течение нескольких семестров, схема расчета приводится для каждого из них.

4.4. Методические материалы

В качестве методических материалов используются разработанные задания по решению задач оптимизации, размещенные в ресурсах сети в папке StudBox.

5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Рабочей программой дисциплины предусмотрены следующие виды аудиторных занятий: лекции, практические занятия, контрольные работы. На лекциях рассматриваются наиболее сложный материал дисциплины. Лекция сопровождается презентациями, компьютерными текстами лекции, что позволяет студенту самостоятельно работать над повторением и закреплением лекционного материала. Для этого аспиранту должно быть предоставлено право самостоятельно работать в компьютерных классах в сети Интернет.

Практические занятия предназначены для самостоятельной работы аспирантов по решению конкретных задач учебной дисциплины. Ряд практических занятий проводится в компьютерных классах с использованием Excel. Каждое практическое занятие сопровождается домашними заданиями, выдаваемыми аспирантам для решения внеаудиторное время. Для оказания помощи в решении задач имеются тексты практических заданий с условиями задач и вариантами их решения.

С целью контроля сформированности компетенций разработан фонд контрольных заданий. Его использование позволяет реализовать балльно-рейтинговую оценку, определенную приказом от 28 августа 2014 г. №168 «О применении балльно-рейтинговой системы оценки знаний студентов».

С целью активизации самостоятельной работы аспирантов в системе дистанционного обучения Moodle разработан учебный курс «Оптимизация и математическое программирование», включающий набор файлов с текстами лекций, практикума, примерами задач, а также набором тестов для организации электронного обучения аспирантов.

Для активизации работы аспирантов во время контактной работы с преподавателем отдельные занятия проводятся в интерактивной форме. В основном, интерактивная форма занятий обеспечивается при проведении занятий в компьютерном классе. Интерактивная

форма обеспечивается наличием разработанных файлов с заданиями, наличием контрольных вопросов, возможностью доступа к системе дистанционного обучения, а также к тестеру.

Для работы с печатными и электронными ресурсами СЗИУ имеется возможность доступа к электронным ресурсам. Организация работы студентов с электронной библиотекой указана на сайте института (странице сайта – «Научная библиотека»).

Контрольные вопросы для подготовки к занятиям

№ / П	Наименование темы или раздела дисциплины (модуля)	Вопросы для самопроверки
1	Тема 1: Формулировка задач математического программирования. Классическая оптимизация	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основная задача исследования операций. 2. Математическое программирование. 3. Основные разделы исследования операций. 4. Классификация задач математического программирования 5. Оптимальное решение 6. Классические задачи безусловной оптимизации функции одной и нескольких переменных. Матрица Гессе. <p>Условная оптимизация функции нескольких переменных</p>
2	Тема 2: Линейное программирование	<ol style="list-style-type: none"> 1. Разделение переменных на базисные и независимые 2. Построение области допустимых решений. 3. Графический метод нахождения оптимального решения. 4. Определение ценности ресурсов 5. Определение предельно допустимого сокращения запаса недефицитного ресурса. 6. Случай вырождения и случай альтернативных решений. 7. Местонахождение оптимального решения в области допустимых решений. 8. Выбор ведущего столбца и ведущей строки в симплекс – таблице. 9. Процедура перехода к соседней угловой точке в процессе поиска оптимального решения. <p>Критерий оптимальности решения</p>
3	Тема 3. Транспортная задача линейного программирования	<ol style="list-style-type: none"> 1. Метод северо – западного угла. 2. Метод наименьших затрат. 3. Метод Фогеля. 4. Метод потенциалов.
4	Тема 4: Нелинейное программирование. Введение в целочисленное программирование	<ol style="list-style-type: none"> 1. Условный и безусловный экстремумы. 2. Нахождение условного экстремума методом Лагранжа. 3. Решение задачи выпуклого программирования градиентным методом. 4. Методы целочисленного линейного программирования. 5.
5	Тема 5: Многошаговые процессы принятия решений. Динамическое программирование	<ol style="list-style-type: none"> 1. Разбиение задачи на этапы 2. Принцип оптимальности Беллмана 3. Связь между независимыми переменными 4. Построение рекуррентных соотношений. 5. Оптимальное распределение капиталовложений между различными объектами инвестирования.

6. Учебная литература и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", включая перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Основная литература

1. Балдин К. В. Математические методы и модели в экономике [Электронный ресурс] : учебник / К. В. Балдин, В. Н. Башлыков, А. В. Рукосуев ; под общ. ред. К. В. Балдина. - Электрон. дан. - М. : Флинта [и др.], 2012. - 326 с. <http://ibooks.ru/reading.php?productid=25354>
2. Балдин, Константин Васильевич. Математическое программирование [Электронный ресурс] : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки "Экономика" и экон. специальностям / К. В. Балдин, Н. А. Брызгалов, А. В. Рукосуев ; под общ. ред. К. В. Балдина. - 2-е изд. - Электрон. дан. - М. : Дашков и К, 2016. - 218 с. <http://www.iprbookshop.ru/60446.html>
3. Евдонин Г. А. Математическое моделирование и управление социально-экономическими и политическими процессами : учеб. пособие для студентов вузов, рек. М-вом образования Рос. Федерации / Г. А. Евдонин. - СПб. : Изд-во СЗИ РАНХиГС, 2012. - 321 с.
4. Исследование операций в экономике : учеб. пособие [по экон. специальностям и направлениям], рек. М-вом образования Рос. Федерации / [Н. Ш. Кремер и др.] ; под ред. Кремера. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Юрайт, 2013. - 438 с.

6.2. Дополнительная литература:

1. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. М.: ЮНИТИ, 1998.
2. Алескерев Ф.Т., Хабина Э.Л., Шварц Д.А. Бинарные отношения, графы и коллективные решения. – М.: Изд. дом ГУ ВШЭ. 2006. – 298 с.
3. Алтунин А.Е., Семухин М.В. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях. – Тюмень.: Изд-во Тюменского гос. ун-та, 2000. – 352 с.
4. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. – М.: «Финансы и статистика», 2000. – 333 с.
5. Архипова Н. И., Кульба В. В., Косяченко С. А., Чанхиева Ф. Ю., Шелков А.Б. Организационное управление. М.: "Издательство ПРИОР", 1998.
6. Бабаев А.А. Прикладные модели ресурсно-временной оптимизации: Монография. – СПб.: Изд-во МБИ. 2012. – 252 с.
7. Бродецкий Г.Л. Системный анализ в логистике, выбор в условиях неопределённости – М.: Academia, 2010. – 336 с.
8. Волков И. К., Загоруйко Е. А. Исследование операций. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000.
9. Волкова В.Н. Постепенная формализация моделей принятия решений. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2006. – 120 с.
10. Воронцовский А.В. Управление рисками. СПб: ОЦЭиМ, 2004. – 458 с.
11. Дик В.В. Методология формирования решений в экономических системах и инструментальные среды их поддержки. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 300 с.
12. Друкер Питер. Менеджмент. Вызовы XXI века: Пер. с англ. – М.: Изд-во «Манн, Иванов и Фербер», 2012. – 312 с.
13. Дубров А. М., Мхитарян В. С., Трошин Л. И. Многомерный статистический анализ. – М.: «Финансы и статистика», 2000. – 352 с.
14. Елисеева И.И., Юзбашев М.М. Общая теория статистики. М., "Финансы и статистика", 2004, 656 с.

15. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. – М.: Радио и связь, 1981.
16. Колпаков В. М. Теория и практика принятия управленческих решений. М., 2004.
17. Конюховский П.В., Малова А.С. Теория игр: учебник для бакалавров. – М.: Издательство Юрайт, 2013. – 252 с.
18. Кораблин М.А. Информатика поиска управленческих решений. – М.: СОЛОН-Пресс, 2003. 192 с.
19. Лапыгин Ю.Н., Лапыгин Д.Ю. Управленческие решения: учебное пособие. – М.: Эксмо, 2009. – 448 с.
20. Лебедева Т.П., Михайлова О.В. Государственное управление в зарубежных странах: опыт административных реформ / предисл. А.И. Соловьева. — М.: Издательство Московского университета, 2011. — 232 с.
21. Моргенштерн О., фон Нейман Дж. Теория игр и экономическое поведение. – М.: «Книга по Требованию», 2012. – 708 с.
22. Ногин В.Д., Чистяков С.В. Применение линейной алгебры в принятии решений. – СПб: СПбГТУ, 1998.
23. Орлов А.И. Теория принятия решений: Учебник / А. И. Орлов. – М.: Экзамен, 2006. – 573 с.
24. Подиновский В.В., Подиновская О.В. Новые многокритериальные решающие правила в теории важности критериев // Доклады академии наук. 2013. Т. 451. № 1. С. 21-23.
25. Соколов А. В., Токарев В. В. Методы оптимальных решений. Том 1 и 2. 2-е изд., испр. М.: Физматлит, 2011.
26. Эффективность государственного управления: Пер. с англ. / Под ред. С.А. Батчикова и С.Ю. Глазьева. М.: Консалтбанкир, 1998 г. – 848 с.
27. Халин В.Г., Чернова Г.В. Классификация методов управления экономическим риском // Страховое дело, 2013, № 8, с. 43-48.
28. Чиркин, В. Е. Опыт зарубежного управления (государственное и муниципальное управление) : учеб. пособие для вузов по спец. «Гос. и муницип. управл.» / Междунар. ун-т в г. Москве, Фак-т упр. крупными городами / В. Е. Чиркин. – М. : Юристъ, 2006. – 184 с.
29. Шиян А.А. К вопросу о разработке новых критериев для управления иерархическими социально-экономическими системами. Проблемы управления и информатики, 1996. №5, 134-144.
30. Saaty Thomas L. Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World. – Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications, 2012.

6.3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Приказ Минобрнауки России от 19.11.2013 N 1259 (ред. от 05.04.2016) "Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)" (Зарегистрировано в Минюсте России 28.01.2014 N 31137)

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы находится в ресурсах сети в папке StudBox.

6.4. Нормативные правовые документы

Не используются

6.5. Интернет-ресурсы

СЗИУ располагает доступом через сайт научной библиотеки <http://nwapa.spb.ru/> к следующим подписным электронным ресурсам:

1. Электронные учебники электронно-библиотечной системы (ЭБС) «Айбукс» http://www.nwapa.spb.ru/index.php?page_id=76
2. Электронные учебники электронно-библиотечной системы (ЭБС) «Лань» http://www.nwapa.spb.ru/index.php?page_id=76
3. Электронные учебники электронно-библиотечной системы (ЭБС) «IPRbooks» http://www.nwapa.spb.ru/index.php?page_id=76
4. Электронные учебники электронно-библиотечной системы (ЭБС) «Юрайт»
5. http://www.nwapa.spb.ru/index.php?page_id=76
6. Научно-практические статьи по экономике и финансам Электронной библиотеки ИД «Гребенников» http://www.nwapa.spb.ru/index.php?page_id=76
7. Статьи из журналов и статистических изданий Ист-Вью http://www.nwapa.spb.ru/index.php?page_id=76
8. Англоязычные ресурсы EBSCO Publishing: доступ к мультидисциплинарным полнотекстовым базам данных различных мировых издательств по бизнесу, экономике, финансам, бухгалтерскому учету, гуманитарным и естественным областям знаний, рефератам и полным текстам публикаций из научных и научно–популярных журналов.
9. Emerald eJournals Premier - крупнейшее мировое издательство, специализирующееся на электронных журналах и базах

6.6. Иные источники.

Не используются.

7. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

Курс включает использование программного обеспечения Microsoft Excel, Microsoft Word, Microsoft Power Point для подготовку текстового и табличного материала, графических иллюстраций, а также для решения задач эконометрического моделирования. Для решения задач исследования операций также должны использоваться пакеты математического моделирования.

Методы обучения с использованием информационных технологий (компьютерное тестирование, демонстрация мультимедийных материалов)

Интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта, профессиональные тематические чаты и форумы, системы аудио и видео конференций, онлайн энциклопедии, справочники, библиотеки, электронные учебные и учебно-методические материалы)

Система дистанционного обучения Moodle.

№ п/п	Наименование
1.	Компьютерные классы с персональными ЭВМ, объединенными в локальные сети с выходом в Интернет
2.	Пакет Excel -2013, 2016, professional plus
3.	Пакеты математического моделирования
4.	Мультимедийные средства в каждом компьютерном классе и в лекционной аудитории
5.	Браузер, сетевые коммуникационные средства для выхода в Интернет
6.	Система дистанционного обучения Moodle

Компьютерные классы из расчета 1 ПЭВМ для одного обучаемого. Каждому обучающемуся должна быть предоставлена возможность доступа к сетям типа Интернет в течение не менее 20% времени, отведенного на самостоятельную подготовку.

