

**Федеральное государственное образовательное бюджетное  
учреждение высшего образования  
«ФИНАНСОВЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»  
(Финансовый университет)**

**Департамент анализа данных и машинного обучения  
Факультета информационных технологий и анализа больших данных**

**УТВЕРЖДАЮ**

**Проректор по учебной  
и методической работе**

\_\_\_\_\_ **Е.А. Каменева**

**25.04.2023 г.**

**Крахмалев О.Н.**

**Разработка эффективных вычислительных алгоритмов**

**Рабочая программа дисциплины**

**для студентов, обучающихся по направлению подготовки  
09.03.03 - Прикладная информатика,  
ОП «Инженерия данных»,  
ОП «Прикладная информатика»,  
ОП «Прикладные информационные системы в экономике и финансах»**

*Рекомендовано Ученым советом  
Факультета информационных технологий и анализа больших данных  
(протокол №31 от 18.04.2023г.)*

*Одобрено Советом учебно-научного  
Департамента анализа данных и машинного обучения  
(протокол №2 от 29.03.2023г.)*

**Москва 2023**

## Содержание

1. Наименование дисциплины .....	3
2. Перечень планируемых результатов освоения образовательной программы (перечень компетенций) с указанием индикаторов их достижения и планируемых результатов обучения по дисциплине.....	3
3. Место дисциплины в структуре образовательных программ.....	4
4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах и в академических часах с выделением объема аудиторной (лекции, семинары) и самостоятельной работы обучающихся.....	5
5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) дисциплины с указанием их объемов (в академических часах) и видов учебных занятий .....	6
5.1. Содержание дисциплины .....	6
5.2. Учебно-тематический план.....	7
5.3. Содержание семинаров, практических занятий .....	9
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	10
6.1. Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение дисциплины, формы внеаудиторной самостоятельной работы .....	10
6.2. Перечень вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю .....	10
7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине .....	16
8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	20
9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины.....	21
10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины ...	22
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем.....	22
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	23

## 1. Наименование дисциплины

«Разработка эффективных вычислительных алгоритмов».

## 2. Перечень планируемых результатов освоения образовательной программы (перечень компетенций) с указанием индикаторов их достижения и планируемых результатов обучения по дисциплине

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения(умения и знания), соотнесенные с индикаторами достижения компетенции
<b>ОП «Инженерия данных», ОП «Прикладные информационные системы в экономике и финансах»</b>			
<b>ПKN-5</b>	Способность участвовать в документальном сопровождении разработки ИТ в рамках проектных групп, применять средства автоматизации управления проектами ИТ.	1. Демонстрирует знание основ управления проектными группами при разработке ПО. Использует системы контроля версий для ведения совместной разработки.	<b>Знать:</b> основ управления проектными группами. <b>Уметь:</b> использовать системы контроля версий при ведении совместной разработки ПО.
		2. Демонстрирует знание основ тестирования программного обеспечения, умение создавать автоматизированные модульные и интеграционные тесты.	<b>Знать:</b> основы тестирования ПО. <b>Уметь:</b> создавать автоматизированные системы тестирования.
		3. Готовит документацию к программе, коммуницирует в пределах группы разработки и за ее пределами о значимых аспектах информационной системы и информационной инфраструктуры в письменной и устной форме.	<b>Знать:</b> правила составления документации к разрабатываемому ПО. <b>Уметь:</b> коммуницировать в пределах группы разработки ПО.
		4. Демонстрирует знание жизненного цикла информационных систем, участвует в процессе разработки ПО на разных этапах.	<b>Знать:</b> основные этапы жизненного цикла информационных систем. <b>Уметь:</b> решать основные задачи на основных этапах разработки ПО.

ОП «Прикладная информатика»			
ПКП-5	Способность применять технологии разработки настольных, мобильных и web-приложений в сфере экономики и финансов	1. Демонстрирует знание технологии разработки настольных, мобильных и web-приложений.	<b>Знать:</b> технологии разработки настольных, мобильных и web-приложений в сфере экономики и финансов. <b>Уметь:</b> применять технологии разработки настольных, мобильных и web-приложений в сфере экономики и финансов.
		2. Владеет навыками разработки настольных, мобильных и web-приложений.	<b>Знать:</b> методики разработки настольных, мобильных и web-приложений. <b>Уметь:</b> разрабатывать настольные, мобильные и web-приложения.
		3. Владеет навыками разработки мобильных приложений в сфере экономики и финансов.	<b>Знать:</b> особенности разработки мобильных приложений в сфере экономики и финансов. <b>Уметь:</b> разрабатывать мобильные приложения в сфере экономики и финансов.

### 3. Место дисциплины в структуре образовательных программ

Дисциплина «Разработка эффективных вычислительных алгоритмов» относится к Циклу профиля (элективный) по направлению подготовки 09.03.03 – Прикладная информатика, ОП «Инженерия данных», ОП «Прикладная информатика», ОП «Прикладные информационные системы в экономике и финансах».

**4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах и в академических часах с выделением объема аудиторной (лекции, семинары) и самостоятельной работы обучающихся**

**Очная форма обучения**

<b>Вид учебной работы по дисциплине</b>	<b>Всего (в з/е и часах)</b>	<b>Семестр 6 (в часах)</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3/108</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа - Аудиторные занятия</b>	<b>50</b>	<b>50</b>
<i>Лекции</i>	<i>16</i>	<i>16</i>
<i>Семинары, практические занятия</i>	<i>34</i>	<i>34</i>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>58</b>	<b>58</b>
Вид текущего контроля	контрольная работа	контрольная работа
Вид промежуточной аттестации	зачет	зачет

**Очно-заочная форма обучения**

<b>Вид учебной работы по дисциплине</b>	<b>Всего (в з/е и часах)</b>	<b>Семестр 7 (в часах)</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3/108</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа - Аудиторные занятия</b>	<b>34</b>	<b>34</b>
<i>Лекции</i>	<i>16</i>	<i>16</i>
<i>Семинары, практические занятия</i>	<i>18</i>	<i>18</i>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>74</b>	<b>74</b>
Вид текущего контроля	контрольная работа	контрольная работа
Вид промежуточной аттестации	зачет	зачет

**Заочная форма обучения, Институт онлайн-образования**

<b>Вид учебной работы по дисциплине</b>	<b>Всего (в з/е и часах)</b>	<b>Семестр 8 (в часах)</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3/108</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа - Аудиторные занятия</b>	<b>12</b>	<b>12</b>
<i>Лекции</i>	<i>4</i>	<i>4</i>
<i>Семинары, практические занятия</i>	<i>8</i>	<i>8</i>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>96</b>	<b>96</b>
Вид текущего контроля	контрольная работа	контрольная работа
Вид промежуточной аттестации	зачет	зачет

## **5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) дисциплины с указанием их объемов (в академических часах) и видов учебных занятий**

### **5.1. Содержание дисциплины**

#### **Раздел 1. Нелинейное программирование**

Формулировка модели. Графический метод: задача с линейной целевой функцией и нелинейной системой ограничений; задача с нелинейной целевой функцией и линейной системой ограничений; задача с нелинейной целевой функцией и нелинейной системой ограничений. Дробно-линейное программирование: математическая модель задачи; экономическая интерпретация и алгоритм решения задач; применение дробно-линейного программирования в экономике; сведение математической модели дробно-линейного программирования к задаче линейного программирования. Метод множителей Лагранжа: алгоритм решения задач; применение метода множителей Лагранжа в экономике. Выпуклое программирование: основные определения и теоремы; алгоритм решения задачи квадратичного программирования.

#### **Раздел 2. Динамическое программирование**

Основные понятия. Применение метода функциональных уравнений в определении оптимальных сроков замены оборудования. Экономические задачи, решаемые методом динамического программирования: оптимальное распределение ресурсов; минимизация затрат на строительство и эксплуатацию предприятий; нахождение рациональных затрат при строительстве трубопроводов и транспортных артерий.

### Раздел 3. Дифференциальные уравнения в динамических моделях микро- и макроэкономики

Модели динамики общественного продукта и национального дохода: основные понятия, определения и предположения; простейшая модель воспроизводства национального дохода при произвольной функции потребления; экономический анализ решения при различных соотношениях между темпом прироста потребления и технологическим темпом национального дохода; взаимосвязь инфляции и безработицы; об аналогии между некоторыми экономическими задачами и математическим маятником. Модели динамики малых предприятий: основные понятия, определения, предположения; общий вид дифференциального уравнения, описывающего динамику функционирования малого предприятия; варианты решения задачи при различных стратегиях финансовой поддержки малых предприятий или структуры инвестиций.

#### 5.2. Учебно-тематический план

Очная форма обучения

№ п / п	Наименование тем (разделов) дисциплины	Трудоемкость в часах					Формы текущего контроля
		Всего	Контактная работа - аудиторная работа			Самосто- ятельная работа	
			Общая, в т.ч.:	Лекции	Семинары, практиче- ские занятия		
1	Нелинейное программирование	38	18	6	12	20	Домашние само- стоятельные ра- боты. Участие в решении задач на практических занятиях. Собе- седование по до- машним зада- ниям
2	Динамическое программирование	38	18	6	12	20	
3	Дифференциальные уравнения в дина- мических моделях микро- и макроэко- номики	32	14	4	10	18	
	Всего по дисци- плине	108	50	16	34	58	Согласно учеб- ному плану: контрольная работа
	Итого в %		46	32	68	54	

### Очно-заочная форма обучения

№ п / п	Наименование тем (разделов) дисциплины	Трудоемкость в часах					Формы текущего контроля
		Всего	Контактная работа - аудиторная работа			Самосто- ятельная работа	
			Общая, в т.ч.:	Лекции	Семинары, практиче- ские занятия		
1	Нелинейное программирование	36	12	6	6	24	Домашние само- стоятельные ра- боты. Участие в решении задач на практических занятиях. Собе- седование по до- машним зада- ниям
2	Динамическое программирование	36	12	6	6	24	
3	Дифференциальные уравнения в дина- мических моделях микро- и макроэко- номики	36	10	4	6	26	
	Всего по дисци- плине	108	34	16	18	74	Согласно учеб- ному плану: контрольная работа
	Итого в %		31	47	53	69	

### заочная форма обучения, Институт онлайн-образования

№ п / п	Наименование тем (разделов) дисциплины	Трудоемкость в часах					Формы текущего контроля
		Всего	Контактная работа - Аудиторная работа			Самосто- ятельная работа	
			Общая, в т.ч.:	Лекции	Семинары, практиче- ские занятия		
1	Нелинейное программирование	38	6	2	4	32	Домашние само- стоятельные ра- боты. Участие в решении задач на практических занятиях. Собе- седование по до- машним зада- ниям
2	Динамическое программирование	35	3	1	2	32	
3	Дифференциальные уравнения в дина- мических моделях микро- и макроэко- номики	35	3	1	2	32	
	Всего по дисци- плине	108	12	4	8	96	Согласно учеб- ному плану: контрольная работа
	Итого в %		11	33	67	89	



### 5.3. Содержание семинаров, практических занятий

Наименование тем (разделов) дисциплины	Перечень вопросов для обсуждения на семинарских, практических занятиях, рекомендуемые источники из разделов 8,9 (указывается раздел и порядковый номер источника)	Формы проведения занятий
1. Нелинейное программирование	<p>Формулировка модели. Графический метод: задача с нелинейной целевой функцией и нелинейной системой ограничений. Дробно-линейное программирование: математическая модель задачи; экономическая интерпретация и алгоритм решения задач; применение дробно-линейного программирования в экономике; сведение математической модели дробно-линейного программирования к задаче линейного программирования. Метод множителей Лагранжа: алгоритм решения задач. Выпуклое программирование: основные определения и теоремы; алгоритм решения задачи квадратичного программирования.</p> <p><i>Рекомендуемые источники:</i>  <i>Основная литература 8.[1].</i></p>	Интерактивная форма, работа на компьютере
2. Динамическое программирование	<p>Основные понятия. Применение метода функциональных уравнений в определении оптимальных сроков замены оборудования. Экономические задачи, решаемые методом динамического программирования: оптимальное распределение ресурсов; минимизация затрат на строительство и эксплуатацию предприятий; нахождение рациональных затрат при строительстве трубопроводов и транспортных артерий.</p> <p><i>Рекомендуемые источники:</i>  <i>Основная литература 8.[1].</i></p>	Интерактивная форма, работа на компьютере
3. Дифференциальные уравнения в динамических моделях микро- и макроэкономики	<p>Модели динамики общественного продукта и национального дохода: основные понятия, определения и предположения; простейшая модель воспроизводства национального дохода при произвольной функции потребления; экономический анализ решения при различных соотношениях между темпом прироста потребления и технологическим темпом национального дохода; взаимосвязь инфляции и безработицы; об аналогии между некоторыми экономическими задачами и математическим маятником. Модели динамики малых предприятий: основные понятия, определения, предположения; общий вид дифференциального уравнения, описывающего динамику функционирования малого предприятия.</p> <p><i>Рекомендуемые источники:</i>  <i>Основная литература 8.[1].</i></p>	Интерактивная форма, работа на компьютере

## 6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение дисциплины, формы внеаудиторной самостоятельной работы

Наименование тем (разделов) дисциплины	Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение	Формы внеаудиторной самостоятельной работы
1. Нелинейное программирование	Графический метод: задача с линейной целевой функцией и нелинейной системой ограничений; задача с нелинейной целевой функцией и линейной системой ограничений. Метод множителей Лагранжа: применение метода множителей Лагранжа в экономике.	Работа с учебной литературой. Решение типовых задач. Разбор вопросов по теме занятия. Выполнение домашних заданий к каждому занятию.
2. Динамическое программирование	Основные понятия. Применение метода функциональных уравнений в определении оптимальных сроков замены оборудования. Экономические задачи, решаемые методом динамического программирования: оптимальное распределение ресурсов; минимизация затрат на строительство и эксплуатацию предприятий; нахождение рациональных затрат при строительстве трубопроводов и транспортных артерий.	Работа с учебной литературой. Решение типовых задач. Разбор вопросов по теме занятия. Выполнение домашних заданий к каждому занятию.
3. Дифференциальные уравнения в динамических моделях микро- и макроэкономики	Модели динамики малых предприятий, варианты решения задачи при различных стратегиях финансовой поддержки малых предприятий или структуры инвестиций.	Работа с учебной литературой. Решение типовых задач. Разбор вопросов по теме занятия. Выполнение домашних заданий к каждому занятию.

### 6.2. Перечень вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

#### *Примерные задания контрольной работы*

Используя графический метод, решить следующие задачи нелинейного программирования.

$$1. \begin{cases} 3x_1 + x_2 \rightarrow \max(\min); \\ x_1 x_2 \geq 2; \\ x_1^2 + x_2^2 \leq 16; \\ x_{1,2} \geq 0. \end{cases}$$

$$2. \begin{cases} -x_1 + 3x_2 \rightarrow \max(\min); \\ (x_1 - 2)(x_2 + 1) \leq 16; \\ x_{1,2} \geq 0. \end{cases}$$

$$3. \begin{cases} (x_1 - 2)^2 + (x_2 - 1)^2 \rightarrow \max(\min); \\ (x_1 - 1)(x_2 + 1) \leq 4; \\ x_2 \leq 3; \\ x_{1,2} \geq 0. \end{cases}$$

4. Найдите максимум и минимум дробно-линейной функции  $L = \frac{3x_1 - x_2}{x_1 + x_2}$

при ограничениях  $x_1 + x_2 \geq 5$ ;  $-x_1 + 3x_2 \leq 7$ ;  $3x_1 - x_2 \leq 11$ ;  $x_{1,2} \geq 0$ .

5. Используя метод множителей Лагранжа, найти точку условного экстремума функции

$$\begin{cases} L = x_1x_2 + x_2x_3; \\ x_1 + x_2 = 2; \\ x_2 + x_3 = 2. \end{cases}$$

6. По плану производства продукции предприятию необходимо изготовить 180 изделий. Эти изделия могут быть изготовлены двумя технологическими способами. При производстве  $x_1$  изделий первым способом затраты составляют  $4x_1 + x_1^2$  руб., а при изготовлении  $x_2$  изделий вторым способом  $8x_2 + x_2^2$  руб. Определить, сколько изделий каждым из способов следует изготовить, чтобы общие затраты на производство продукции были минимальными.

7. Организация реализует автомобили двумя способами: через розничную и оптовую торговлю. При реализации  $x_1$  автомобилей в розницу расходы на реализацию равны  $4x_1 + x_1^2$  руб., а при продаже  $x_2$  автомобилей оптом расходы составляют  $x_2^2$  руб. Найти оптимальный способ реализации автомобилей, минимизирующий суммарные расходы, если общее число предназначенных для продажи автомобилей составляет 200 шт.

Решите следующие задачи выпуклого программирования.

$$8. \begin{cases} x_1 + 4x_2 + x_1x_2 - 2x_1^2 - 2x_2^2 \rightarrow \max; \\ x_1 + 2x_2 \leq 12; \\ 3x_1 + x_2 \leq 15; \\ x_{1,2} \geq 0. \end{cases}$$

$$9. \begin{cases} -x_1^2 - x_2^2 + x_1 + 8x_2 \rightarrow \max; \\ x_1 + x_2 \leq 7; \\ x_2 \leq 5; \\ x_{1,2} \geq 0. \end{cases}$$

10. В таблице указан возможный прирост выпуска продукции четырьмя плодово-консервными заводами области (млн. руб.) при осуществлении инвестиций на их модернизацию с дискретностью 50 млн. руб., причем на один завод можно осуществить только одну инвестицию. Составить план распределения инвестиций между заводами, максимизирующий общий прирост выпуска продукции.

Таблица

млн.руб.

Инвестиции	Прирост выпуска продукции			
	завод 1	завод 2	завод 3	завод 4
50	25	30	36	28
100	60	70	64	56
150	100	90	95	110
200	140	122	130	142

11. Организация считает необходимым построить в трех областях пять предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции одинаковой мощности. Требуется разместить предприятия таким образом, чтобы обеспечить суммарные минимальные затраты на их строительство и эксплуатацию. Значения функции расходов  $g_i(x_j)$ , характеризующей величину затрат на строительство и эксплуатацию в зависимости от количества размещаемых предприятий в  $i$ -й области, приведены в таблице.

Таблица

млн. руб.

$x$	1	2	3	4	5
$g_1(x)$	8	14	22	29	34
$g_2(x)$	10	17	18	27	31
$g_3(x)$	11	16	15	26	31

12. Пусть  $y(t)$  - интенсивность выпуска продукции некоторого предприятия. Предполагается, что с увеличением выпуска будет происходить насыщение рынка и цена товара  $p(y)$  будет падать. Пусть, например,  $p(y) = b - ay$  ( $a, b > 0$ ). Скорость увеличения интенсивности выпуска продукции является возрастающей функцией дохода. Составить дифференциальное уравнение для функции  $y(t)$  и, решив его, построить график этой функции.

13. Рассматривается модель, в которой скорость роста выпуска продукции зависит не от дохода, а от прибыли. Пусть  $c(y) = \alpha y + \beta$  - издержки ( $\alpha, \beta > 0$ ). Составить дифференциальное уравнение для интенсивности выпуска продукции  $y(t)$ , если цена продукции задана функцией  $p(y) = b - ay$  ( $a, b > 0$ ).

### ***Примерные задания домашних самостоятельных работ***

#### **Тема: «Нелинейное программирование»**

1. Используя графический метод, решить следующие задачи нелинейного программирования.

$$\begin{cases} (x_1 - 3)^2 + (x_2 - 2)^2 \rightarrow \max(\min); \\ x_1^2 + x_2^2 \leq 36; \\ x_{1,2} \geq 0. \end{cases}$$

$$\begin{cases} (x_1 - 2)^2 + (x_2 - 1)^2 \rightarrow \max(\min); \\ (x_1 - 1)(x_2 + 1) \leq 4; \\ x_2 \leq 3; \\ x_{1,2} \geq 0. \end{cases}$$

2. Используя метод множителей Лагранжа, найти точку условного экстремума функции

$$\begin{cases} L = 2x_1 - x_2 + x_3; \\ x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 = 1. \end{cases}$$

### Тема: «Динамическое программирование»

3. На предприятии установлено новое оборудование. Зависимость производительности этого оборудования от времени его работы, а также затраты на содержание и ремонт при разном времени использования приведены в таблице. Известно, что затраты, связанные с приобретением и установкой нового оборудования, идентичного с установленным, составляют 40 млн. руб., а заменяемое оборудование списывается. Составить такой план замены оборудования в течение пяти лет, при котором общий доход за данный период времени максимален.

Таблица

Показатель	Время, в течение которого используется оборудование					
	0	1 год	2 года	3 года	4 года	5 лет
Годовой выпуск продукции, млн. руб.	80	75	65	60	60	55
Ежегодные затраты на содержание и ремонт оборудования, млн.руб.	20	25	30	35	45	55

4. Для газификации поселка необходимо проложить трубопровод между двумя пунктами  $A$  и  $B$  так, чтобы суммарные затраты на его изготовление были минимальны. Исходные данные по затратам (млн. руб.) для проведения расчетов показаны на рис.

**Тема: «Дифференциальные уравнения в динамических моделях экономики»**

5. *Модель Харрода – Домара.*

Модель описывает динамику дохода  $y(t)$ , который рассматривается как сумма потребления  $c(t)$  и инвестиций  $J(t)$ . Экономика считается закрытой, поэтому чистый экспорт равен нулю, а государственные расходы в модели не выделяются. Предполагается, что скорость роста дохода пропорциональна инвестициям. Составить дифференциальные уравнения модели для случаев:

а)  $c(t)=0$ , б)  $c(t)=c$ , в)  $c(t)=c(0)e^{rt}$ , где  $r$  - растущий постоянный темп.

6. *Модель Солоу.*

Состояние экономики в модели Солоу задается пятью переменными:

$Y$  - конечный продукт,  $L$  - трудовые ресурсы,  $K$  - производственные фонды,  $J$  - инвестиции,  $C$  - размер непроизводственного потребления. Все переменные являются функциями времени, которое предполагается непрерывным. Годовой конечный продукт задан производственной функцией Кобба-Дугласа:  $Y = AK^\alpha L^{1-\alpha}$ ,  $A > 0$ ,  $0 < \alpha < 1$ . Конечный продукт используется на непроизводственное потребление и инвестиции:

$Y = C + J$ . Обозначим через  $\rho = \text{const}$  норму накопления, т.е. долю конечного продукта, используемого на инвестиции, тогда  $J = \rho Y$ ,  $0 < \rho < 1$ .

а) Считая прирост трудовых ресурсов пропорциональным наличным трудовым ресурсам, составить дифференциальное уравнение для функции  $L(t)$  и найти закон ее изменения, если  $L(0) = L_0$ .

б) составить дифференциальное уравнение для производственных фондов  $K(t)$ , приняв во внимание, что выбытие фондов происходит с постоянным коэффициентом выбытия  $\mu$ ,  $0 < \mu < 1$  и найти закон их изменения, если  $K(0) = K_0$ .

### *7. Двухсекторная модель экономики.*

Пусть  $K_1$  и  $K_2$  - основные производственные фонды,  $\mu_1$  и  $\mu_2$  - их нормы выбытия,  $I_1$  и  $I_2$  - капиталовложения. Тогда динамика основных производственных фондов описывается дифференциальными уравнениями

$$\frac{dK_1}{dt} = I_1 - \mu_1 K_1, \text{ с начальными условиями } K_1(0) = K_1^0, K_2(0) = K_2^0.$$

Для упрощения решения примем, что фондоотдача оборудования первого сектора (производство средств производства) и второго сектора (производство предметов потребления) постоянна, откуда для объема средств производства  $Y_1$  и предметов потребления  $Y_2$  получаем  $Y_1 = \gamma_1 K_1$ ,  $Y_2 = \gamma_2 K_2$ , где  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  - соответствующие коэффициенты фондоотдачи. Предполагая, что вся продукция первого сектора идет на развитие производства и норма капиталовложений  $s$  в первый сектор постоянна, получаем следующие выражения для объемов капиталовложений  $I_1 = sY_1$ ,  $I_2 = (1-s)Y_1$ ,  $0 \leq s \leq 1$ .

Составить систему дифференциальных уравнений для функций  $K_1(t)$  и  $K_2(t)$  и найти динамику основных производственных средств для двух секторов экономики.

*Критерии балльной оценки различных форм текущего контроля успеваемости содержатся в соответствующих методических рекомендациях Департамента анализа данных и машинного обучения.*

### **7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Перечень компетенций с указанием индикаторов их достижения в процессе освоения образовательной программы содержится в разделе **2. «Перечень планируемых результатов освоения образовательной программы (перечень компетенций) с указанием индикаторов их достижения и планируемых результатов обучения по дисциплине».**



**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для  
оценки уровня сформированности компетенций, знаний и умений**

Наименование компетенции	Наименование индикаторов достижения компетенции	Результаты обучения (умения и знания), соотнесенные с индикаторами достижения компетенции	Типовые контрольные задания
<b>ОП «Инженерия данных», ОП «Прикладные информационные системы в экономике и финансах»</b>			
ПКН-5. Способность участвовать в документальном сопровождении разработки ИТ в рамках проектных групп, применять средства автоматизации управления проектами ИТ	1. Демонстрирует знание основ версионирования и управления изменениями при разработке ПО. Использует системы контроля версий для ведения совместной разработки.	<b>Знать:</b> основы управления проектными группами. <b>Уметь:</b> использовать системы контроля версий при ведении совместной разработки ПО.	Используя графический метод, составить несколько версий ПО для решения задачи нелинейного программирования. $\begin{cases} 3x_1 + x_2 \rightarrow \max(\min); \\ x_1 x_2 \geq 2; \\ x_1^2 + x_2^2 \leq 16; \\ x_{1,2} \geq 0. \end{cases}$
	2. Демонстрирует знание основ тестирования программного обеспечения, умение создавать автоматизированные модульные и интеграционные тесты.	<b>Знать:</b> основы тестирования ПО. <b>Уметь:</b> создавать автоматизированные системы тестирования.	Составить несколько кейсов тестирования ПО, разработанного ранее для решения задач нелинейного программирования.
	3. Готовит документацию к программе, коммуницирует в пределах группы разработки и за ее границами о значимых аспектах информационной системы и информационной инфраструктуры в письменной и устной форме.	<b>Знать:</b> правила составления документации к разрабатываемому ПО. <b>Уметь:</b> коммуницировать в пределах группы разработки ПО.	Работая в составе группы, составить документацию для разработанного ранее ПО решения задач нелинейного программирования.
	4. Демонстрирует знание жизненного цикла информационных систем.	<b>Знать:</b> основные этапы жизненного цикла информационных систем.	Перечислить и описать основные этапы жизненного цикла информационных систем.

	ного цикла информационных систем, участвует в процессе разработки ПО на разных этапах.	цикла информационных систем. <b>Уметь:</b> решать основные задачи на основных этапах разработки ПО.	
<b>ОП «Прикладная информатика»</b>			
ПКП-5. Способность применять технологии разработки настольных, мобильных и web-приложений в сфере экономики и финансов	1. Демонстрирует знание технологии разработки настольных, мобильных и web-приложений.	<b>Знать:</b> технологии разработки настольных, мобильных и web-приложений в сфере экономики и финансов. <b>Уметь:</b> применять технологии разработки настольных, мобильных и web-приложений в сфере экономики и финансов.	Рассмотреть модель рынка, в которой $D_t = S_t, D_t = \alpha - \beta p_t, S_t = -\gamma + \delta p_t^*,$ где $p_t^*$ обозначает ожидаемую цену в период $t$ . Предположим, что продавцы имеют адаптивный тип ожидания цены: $p_t^* = p_{t-1}^* + \eta \left( p_{t-1} - p_{t-1}^* \right), (0 < \eta \leq 1).$ Показать, что эта модель может быть представлена разностным уравнением первого порядка относительно $p_t$ . Решить полученное уравнение.
	2. Владеет навыками разработки настольных, мобильных и web-приложений..	<b>Знать:</b> методики разработки настольных, мобильных и web-приложений. <b>Уметь:</b> разрабатывать настольные, мобильные и web-приложения.	Разработать мобильное приложение для вычисления функции спроса и предложения на некоторый товар имеют вид $d(p) = 40 - 2p - 2p' - p''$ , $s(p) = -5 + 3p$ с начальными условиями: $p(0) = 12, p'(0) = 1$ . Найти изменения равновесной цены от времени. Является ли равновесная цена устойчивой?
	3. Владеет навыками разработки мобильных приложений в сфере экономики и финансов.	<b>Знать:</b> особенности разработки мобильных приложений в сфере экономики и финансов. <b>Уметь:</b> разрабатывать мобильные приложения в сфере экономики и финансов.	Экономика состоит из трех отраслей. Известна продуктивная матрица затрат $A$ , а также заданные в момент времени $t=0$ векторы валового выпуска и конечного потребления. Требуется на основе динамической модели Леонтьева рассчитать вектор валового выпуска на момент времени $t=2$ , если все компоненты вектора конечного потребления увеличиваются на 30% за каждый период.

### *Примерные вопросы для подготовки к зачету*

1. Нелинейное программирование. Формулировка модели.
2. Графический метод нелинейного программирования: задача с линейной целевой функцией и нелинейной системой ограничений.
3. Решение задачи нелинейного программирования с нелинейной целевой функцией и линейной системой ограничений графическим методом.
4. Задача нелинейного программирования с нелинейной целевой функцией и нелинейной системой ограничений. Решение графическим методом.
5. Дробно-линейное программирование: математическая модель задачи; экономическая интерпретация и алгоритм решения задач.
6. Применение дробно-линейного программирования в экономике.
7. Сведение математической модели дробно-линейного программирования к задаче линейного программирования.
8. Метод множителей Лагранжа для задачи нелинейного программирования: алгоритм решения задач; применение метода множителей Лагранжа в экономике.
9. Выпуклое программирование: основные определения и теоремы; алгоритм решения задачи квадратичного программирования.
10. Динамическое программирование. Основные понятия.
11. Применение метода функциональных уравнений в определении оптимальных сроков замены оборудования.
12. Экономические задачи, решаемые методом динамического программирования: оптимальное распределение ресурсов.
13. Экономические задачи, решаемые методом динамического программирования: минимизация затрат на строительство и эксплуатацию предприятий.
14. Экономические задачи, решаемые методом динамического программирования: нахождение рациональных затрат при строительстве трубопроводов и транспортных артерий.
15. Дифференциальные уравнения в динамических моделях микро- и макроэкономики. Модели динамики общественного продукта и национального дохода: основные понятия, определения и предположения.

16. Простейшая модель воспроизводства национального дохода при производственной функции потребления.
17. Экономический анализ решения при различных соотношениях между темпом прироста потребления и технологическим темпом национального дохода.
18. Взаимосвязь инфляции и безработицы.
19. Какова аналогия между некоторыми экономическими задачами и математическим маятником?
20. Модели динамики малых предприятий: основные понятия, определения, предположения.
21. Общий вид дифференциального уравнения, описывающего динамику функционирования малого предприятия.
22. Варианты решения задачи при различных стратегиях финансовой поддержки малых предприятий или структуры инвестиций.

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### **а) основная литература:**

1. Исследование операций в экономике : учебник для вузов / под редакцией Н. Ш. Кремера. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Юрайт, 2023. — 414 с. — (Высшее образование). — ЭБС Юрайт. — URL: <https://urait.ru/bcode/510512> (дата обращения: 06.06.2023). — Текст : электронный.

### **б) дополнительная литература:**

1. Применение Excel в современных корпоративных финансах = Application of Excel in corporate finance: учебное пособие для студ. бакалавриата / П. Н. Брусов [и др.]; Финуниверситет, Каф. прикладной математики. — Москва : Финуниверситет, 2015. - 172 с. — Текст : непосредственный. - То же. - ЭБ Финуниверситета. - URL:<http://elib.fa.ru/rbook/brusov.pdf/view> (дата обращения: 06.06.2023). - Текст : электронный.

2. Акулич, И. Л. Математическое программирование в примерах и задачах : учебное пособие / И. Л. Акулич. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 352 с. — ЭБС Лань. — URL: <https://e.lanbook.com/book/167896> (дата обращения: 06.06.2023). - Текст : электронный.

## **9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

1. Образовательный портал Финансового университета
2. Электронная библиотека Финансового университета (ЭБ) [http://elib.fa.ru/\(http://library.fa.ru/files/elibfa.pdf\)](http://elib.fa.ru/(http://library.fa.ru/files/elibfa.pdf))
3. Электронно-библиотечная система BOOK.RU <http://www.book.ru>
4. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека ОНЛАЙН» <http://biblioclub.ru/>
5. Электронно-библиотечная система Znanium <http://www.znanium.com>
6. Деловая онлайн библиотека издательства «Альпина Паблишер» <http://lib.alpinadigital.ru/en/library>
8. Электронно-библиотечная система издательства «Лань» <https://e.lanbook.com/>
9. Электронно-библиотечная система издательства «ЮРАЙТ» <https://www.biblio-online.ru/>
10. Научная электронная библиотека eLibrary.ru <http://elibrary.ru>

## **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Организация самостоятельной работы основана на учебно-тематическом плане изучения дисциплины, где указана тематика лекций, практических занятий, вопросы и задания для самостоятельного изучения.

При подготовке к практическому занятию необходимо повторить или, если это требуется, изучить соответствующий теоретический материал. Практические занятия проходят, как правило, в интерактивной форме и преподаватель

учитывает активность студентов в процессе решения предложенных задач и поиска ответов на вопросы. Домашние задания следует выполнять регулярно при подготовке к практическим занятиям. В большинстве своем задания являются типовыми, и образцы их решения содержатся в рекомендованных пособиях, в материале лекций и практических занятий. Контроль выполнения домашних заданий осуществляется в ходе практических занятий в процессе выборочного собеседования.

Домашняя контрольная работа (ДКР) является одной из основных форм текущего контроля самостоятельной работы студентов по дисциплине. Каждый вариант ДКР содержит несколько задач, выполняя которые студент демонстрирует умение реализовывать изученные методы на компьютере. Оценка за ДКР выставляется по итогам проверки отчета и устного собеседования по работе. Эта оценка является существенной компонентой оценки самостоятельной работы студента в течение семестра.

## **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем**

### **11.1. Комплект лицензионного программного обеспечения:**

1. Пакет офисных программ;
2. Антивирус Kaspersky;

### **11.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. Информационно-правовая система «Гарант»;
2. Информационно-правовая система «Консультант Плюс»;
3. Электронная энциклопедия: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Wiki>;
4. Система комплексного раскрытия информации «СКРИН» - <http://www.skrin.ru/>;

11.3. Сертифицированные программные и аппаратные средства защиты информации - не предусмотрены.

**12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Компьютерный класс, оснащённый системой динамического моделирования.