

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Механико-математический факультет

УТВЕРЖДАЮ  
Декан механико-математического факультета

Захаров А.М.

2023 г.



Рабочая программа дисциплины

**Исследование операций**

Направление подготовки бакалавриата  
**09.03.03 – Прикладная информатика**

Профиль подготовки бакалавриата  
**Прикладная информатика в экономике**

Квалификация (степень) выпускника  
**Бакалавр**

Форма обучения  
**очная**

Саратов,  
2023

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Купцов С.Н., Балаш В.А., Дудов С.И.		24.04.23
Председатель НМК	Тышкевич С.В.		24.04.23
Заведующий кафедрой	Дудов С.И.		24.04.23
Специалист Учебного управления			

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения спецкурса «Исследование операций» является:

- изучение возможностей применения MATLAB для решения задач имитационного моделирования, оптимизации и математической экономики.
- овладение совокупностью знаний в области создания и эксплуатации имитационных моделей экономических систем и процессов, применения программного обеспечения имитационного моделирования, разработки планов и анализа результатов модельных экспериментов, проверки достоверности и адекватности моделей.
- знакомство с элементами выпуклого анализа и вариационного исчисления, освоение методов линейного и выпуклого программирования, численных методов оптимизации функций без ограничений и при наличии ограничений
- знакомство с математическими методами количественной оценки параметров моделей экономических явлений и процессов; ознакомление с теорией построения эконометрических моделей; освоение методов бизнес-прогнозирования; освоение современных эконометрических пакетов прикладных программ.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Исследование операций» относится к дисциплинам по части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана ООП по направлению 09.03.03 Прикладная информатика, профилю «Прикладная информатика в экономике», является дисциплиной по выбору Б1.В.ДВ.4.

Для усвоения данной дисциплины требуется предварительное знакомство со следующими курсами

- Б1.Б.5 Математика.
- Б1.В.ОД.7 Линейная алгебра и аналитическая геометрия.
- Б1.Б.4 Экономическая теория.
- Б1.Б.6 Теория вероятностей и математическая статистика;
- Б1.В.ОД.10.1 Введение в математику и информатику. Часть 1;

Знания, полученные при изучении данной дисциплины, будут использованы при освоении дисциплин

- Б1.В.ДВ.5 Методы финансовых и коммерческих расчетов
- Б1.В.ДВ.6 Оптимальное портфельное инвестирование

## 3. Результаты обучения по дисциплине «Исследование операций»

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.	1.1_Б.УК-1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие. Осуществляет декомпозицию задачи.	<b>Знать:</b> постановку основных задач оформления текста; инструментарий пакета LaTeX, необходимый для форматирования математического текста.

		<p><b>Уметь:</b> анализировать задачи, выделяя ее базовые составляющие; осуществлять декомпозицию задачи.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками анализа задачи с выделением ее базовых составляющих.</p>	
	<p><b>2.1_Б.УК-1.</b> Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи.</p>	<p><b>Знать:</b> постановку основных задач оформления текста; основной инструментарий пакета <b>LaTeX</b>, необходимый для форматирования математического текста.</p> <p><b>Уметь:</b> находить научно-техническую информацию по использованию пакетов прикладных программ для решения поставленной задачи, и критически ее анализировать.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками поиска, обработки и анализа научно-технической информации, необходимой для решения поставленной задачи.</p>	
	<p><b>3.1_Б.УК-1.</b> Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки.</p>	<p><b>Знать:</b> постановку основных задач оформления текста; основной инструментарий пакета <b>LaTeX</b>, необходимый для форматирования математического текста.</p> <p><b>Уметь:</b> решать математические задачи с помощью пакета <b>LaTeX</b> различными способами на основе обработки и анализа научно-технической информации.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками оценивания достоинств и недостатков различных инструментов пакета <b>LaTeX</b>, применяемых при форматировании математического текста., на основе обработки и анализа научно-</p>	

	<p><b>4.1_Б.УК-1.</b> Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки. Отличает факты от мнений, интерпретаций, оценок и т.д. в рассуждениях других участников деятельности.</p>	<p>технической информации.</p> <p><b>Знать:</b> постановку основных задач оформления текста; основной инструментарий пакета LaTeX, необходимый для форматирования математического текста.</p> <p><b>Уметь:</b> грамотно, логично, аргументированно формировать собственные суждения и оценки на основе обработки и анализа научно-технической информации; отличать факты от мнений, интерпретаций, оценок и т.д. в рассуждениях других участников деятельности.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками формирования собственных суждений и оценок по вопросам применения пакета LaTeX, необходимый для форматирования математического текста. на основе обработки и анализа научно-технической информации.</p>	
	<p><b>5.1_Б.УК-1.</b> Определяет и оценивает практические последствия возможных решений задачи.</p>	<p><b>Знать:</b> постановку основных задач оформления текста; основной инструментарий пакета LaTeX, необходимый для форматирования математического текста.</p> <p><b>Уметь:</b> решать издательские задачи с помощью инструментария пакета LaTeX и оценивать практические последствия возможных решений на основе обработки и анализа научно-технической информации.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками определения и оценивания практических последствий возможных решений задач оформления текста с помощью инструментария</p>	

		пакета LaTeX на основе обработки и анализа научно-технической информации.	
<p><b>УК-2</b> Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений</p>	<p><b>1.1_Б.УК-2.</b> Формулирует в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения выделенных задач.</p>	<p><b>Знать:</b> - методы формализации задач, решение которых позволяет достичь поставленную цель <b>Уметь:</b> -выбрать средства решения выделенных задач <b>Владеть:</b> методами прогнозирования результатов решения поставленных задач</p>	
	<p><b>2.1_Б.УК-2.</b> Проектирует решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений</p>	<p><b>Знать:</b> - методики проектирования решения конкретной задачи проекта <b>Уметь:</b> -выбрать оптимальный способ решения сформулированной задачи проекта <b>Владеть:</b> методами решения конкретных задач, исходя из имеющихся ресурсов и ограничений</p>	
	<p><b>3.1_Б.УК-2.</b> Решает конкретные задачи проекта заявленного качества и за установленное время</p>	<p><b>Знать:</b> - методы решения задач проекта с заявленным качеством и за установленное время <b>Уметь:</b> -применять математические методы исследований к решению и анализу решений задач, <b>Владеть:</b> - методами решения задач проекта с заявленным качеством и за установленное время</p>	
	<p><b>4.1_Б.УК-2.</b> Публично представляет результаты решения конкретной задачи проекта.</p>	<p><b>Знать:</b> -методики публичного представления решения задач <b>Уметь:</b> - публично представлять результаты решения конкретной задачи проекта - <b>Владеть:</b></p>	

			- методами публичного представления результатов решения конкретной задачи проекта	
<b>ПК-2.</b> Способность разрабатывать и адаптировать программное прикладное обеспечение.	1.1_Б.ПК-2. Грамотно использует информацию о: методах и приемах формализации задач; методах и приемах алгоритмизации поставленных задач; программных продуктах для графического отображения алгоритмов; стандартных алгоритмах и областях их применения; выбранном языке программирования, особенностях программирования на этом языке; языках формализации функциональных спецификаций; методологиях разработки программного обеспечения; нотациях и программных продуктах для графического отображения алгоритмов; компонентах программно-технических архитектур, существующих приложениях и интерфейсах взаимодействия с ними; технологиях программирования; особенностях выбранной среды программирования; основных принципах и методах управления персоналом; нормативных документах, определяющих требования к оформлению программного кода; методах и средствах выявления дефектов, проблем и причин их возникновения; методах и средствах управления запросами на изменения; методах верификации программного	<b>Знать:</b> – методы и приемы формализации задач; методы и приемы алгоритмизации поставленных задач; <b>Уметь:</b> – использовать программные продукты для графического отображения алгоритмов; языки формализации функциональных спецификаций <b>Владеть:</b> – методами и приемами формализации задач; методами и приемами алгоритмизации поставленных задач; методами принятия управленческих решений		

	<p>обеспечения; методах валидации программного обеспечения; методах ревизии программного обеспечения; методах аудита программного обеспечения; методах планирования и документирования вносимых изменений в программное обеспечение; нормативно-технических документах (стандартах и регламентах) по процессам управления изменениями и проблемами; методах принятия управленческих решений; основных принципах и методах управления персоналом.</p>	
	<p>2.1_Б.ПК-2. Применяет методы и приемы формализации и алгоритмизации поставленных задач; использует программные продукты для графического отображения алгоритмов.</p>	<p><b>Знать:</b> – методы и приемы формализации и алгоритмизации поставленных задач; программные продукты для графического отображения алгоритмов. <b>Уметь:</b> – использовать программные продукты для графического отображения алгоритмов; методы и приемы формализации и алгоритмизации поставленных задач <b>Владеть:</b> – методами и приемами формализации задач; методами и приемами алгоритмизации поставленных задач;</p>
	<p>3.1_Б.ПК-2. Применяет стандартные алгоритмы в соответствующих областях; пишет программный код на выбранном языке программирования; использует выбранную среду программирования; применяет нормативные документы,</p>	<p><b>Знать:</b> – нормативные документы, определяющие требования к оформлению программного кода; возможности имеющейся технической и/или программной архитектуры <b>Уметь:</b> – использовать стандартные алгоритмы в</p>

	<p>определяющие требования к оформлению программного кода; применяет лучшие мировые практики оформления программного кода; использует возможности имеющейся технической и/или программной архитектуры; применяет коллективную среду разработки программного обеспечения и систему контроля версий; применяет методы и средства управления запросами на изменения, выявление дефектов и проблем, причин их возникновения.</p>	<p>соответствующих областях; писать программный код на выбранном языке программирования; использовать выбранную среду программирования; применять нормативные документы, определяющие требования к оформлению программного кода  <b>Владеть:</b>  – стандартными алгоритмами, методами и средствами управления запросами на изменения, выявление дефектов и проблем, причин их возникновения.</p>
	<p>4.1_Б.ПК-2. Применяет нормативно-технические документы (стандарты и регламенты) по процессам управления изменениями и проблемами; применяет методы планирования и документирования вносимых изменений в программное обеспечение; применяет методы верификации программного обеспечения; применяет методы валидации программного обеспечения; применяет методы ревизии программного обеспечения; применяет методы аудита программного обеспечения; применяет методы принятия управленческих решений; взаимодействует с подразделениями организации в рамках процесса разработки.</p>	<p><b>Знать:</b>  – нормативно-технические документы (стандарты и регламенты) по процессам управления изменениями и проблемами; методы планирования и документирования вносимых изменений в программное обеспечение; методы верификации программного обеспечения  <b>Уметь:</b>  – использовать нормативно-технические документы (стандарты и регламенты) по процессам управления изменениями и проблемами; методы планирования и документирования вносимых изменений в программное обеспечение; методы верификации программного обеспечения  <b>Владеть:</b>  – методами планирования и документирования вносимых изменений в программное обеспечение; методами верификации программного обеспечения; методами валидации программного</p>



	<p>5.1_Б.ПК-2. Имеет опыт: распределения задач на разработку между исполнителями; оценки качества формализации поставленных задач в соответствии с требованиями технического задания или других принятых в организации нормативных документов; оценки качества алгоритмизации поставленных задач в соответствии с требованиями технического задания или других принятых в организации нормативных документов; оценки качества и эффективности программного кода; принятия управленческих решений по изменению программного кода; редактирования программного кода; контроля версий программного обеспечения в соответствии с регламентом и выбранной системой контроля версий; установления причин возникновения дефектов и проблем в программном обеспечении; оценки запросов на изменения и предложенных решений по их осуществлению (по стоимости, трудоемкости, эффективности); принятия управленческих решений о реализации запросов на изменения (решения о необходимости и сроках внесения изменений в программное обеспечение и документацию); планирования и документирования внесения изменений в программное обеспечение;</p>	<p>обеспечения;</p> <p><b>Знать:</b> – оценки качества формализации поставленных задач в соответствии с требованиями технического задания или других принятых в организации нормативных документов; оценки качества алгоритмизации поставленных задач в соответствии с требованиями технического задания или других принятых в организации нормативных документов</p> <p><b>Уметь:</b> –распределять задачи на разработку между исполнителями; оценивать качество формализации поставленных задач в соответствии с требованиями технического задания или других принятых в организации нормативных документов</p> <p><b>Владеть:</b> – оценками качества формализации поставленных задач в соответствии с требованиями технического задания или других принятых в организации нормативных документов; оценки качества алгоритмизации поставленных задач в соответствии с требованиями технического задания или других принятых в организации нормативных документов</p>
--	--	---

	<p>контроля исполнения принятых управленческих решений; планирования и контроля процессов верификации программного обеспечения; взаимодействия с заказчиком в процессе валидации программного обеспечения; планирования и контроля процесса ревизии программного обеспечения; взаимодействия с внешним аудитором в процессе аудита программного обеспечения.</p>		
<p><b>ПК-5.</b> Способность моделировать прикладные (бизнес) процессы и предметную область.</p>	<p>1.1_Б.ПК-5. Грамотно использует информацию о: возможностях типовой ИС; предметной области автоматизации; инструментах и методах моделирования бизнес-процессов; основах управления организационными изменениями; технологии межличностной и групповой коммуникации в деловом взаимодействии, основах конфликтологии; архитектуре, устройстве и функционировании вычислительных систем; основах современных операционных систем; основах современных систем управления базами данных; устройстве и функционировании современных ИС; современных стандартах информационного взаимодействия систем; программных средствах и платформах инфраструктуры информационных технологий организаций; современных подходах и</p>	<p><b>Знать:</b> - инструменты и методы моделирования бизнес-процессов; основы управления организационными изменениями <b>Уметь:</b> -применять математические методы исследований к решению и анализу решений задач, возникающих в результате моделирования бизнес-процессов <b>Владеть:</b> - методиками описания и моделирования бизнес-процессов, средствами моделирования бизнес-процессов;</p>	

	<p>стандартах автоматизации организации (например, CRM, MRP, ERP, ITIL, ITSM); основах теории систем и системного анализа; методиках описания и моделирования бизнес-процессов, средствах моделирования бизнес-процессов; системах классификации и кодирования информации, в том числе присвоении кодов документам и элементам справочников; отраслевой нормативной технической документации; источниках информации, необходимой для профессиональной деятельности; современном отечественном и зарубежном опыте в профессиональной деятельности; формировании и механизмах рыночных процессов организации; основах управления торговлей, поставками и запасами; основах организации производства; основах управления взаимоотношениями с клиентами и заказчиками (CRM); основах теории управления; современных инструментах и методах управления организацией, в том числе методах планирования деятельности, распределения поручений, контроля исполнения, принятия решений; методологиях ведения документооборота в организациях; инструментах и методах определения финансовых и производственных</p>	
--	---	--

	показателей деятельности организаций; основах организационной диагностики; основах реинжиниринга бизнес-процессов организации; технологиях подготовки и проведения презентаций		
	2.1_Б.ПК-5. Проводит анкетирование, интервьюирование; анализирует исходную документацию; проводит презентации; анализирует функциональные разрывы.	<p><b>Знать:</b> -методы анализа исходной информации, проведения презентации, • особенности имитационного моделирования, предметные области применения; принципы и методы анализа динамических управляемых систем с обратной связью и их применения для решения производственных, организационных и социально-экономических задач; подходы к решению экономических задач методом Монте-Карло</p> <p><b>Уметь:</b> -применять инструментальные средства построения имитационных моделей в рамках подхода системной динамики и технологии дискретно-событийного моделирования; анализировать результаты прогонов имитационных моделей и планировать модельные эксперименты</p> <p><b>Владеть:</b> -навыками применять инструментальные средства построения имитационных моделей в рамках подхода системной динамики и технологии дискретно-событийного моделирования; анализировать результаты прогонов имитационных моделей и планировать модельные эксперименты</p>	
	3.1_Б.ПК-5. Собирает	<b>Знать:</b>	

	<p>исходные данные у заказчика; разрабатывает модели бизнес-процессов; согласует с заказчиком модели бизнес-процессов; утверждает у заказчика модели бизнес-процессов; анализирует функциональные разрывы и корректирует на этой основе существующие модели бизнес-процессов; согласует с заказчиком предлагаемые изменения; утверждает у заказчика предлагаемые изменения.</p>	<p>- методы математической формализации бизнес-процессов, основные методы оценивания параметров эконометрических моделей, проверки статистических гипотез и построения доверительных интервалов и доверительных областей; методы оценивания параметров линейных и нелинейных регрессионных моделей и систем одновременных эконометрических уравнений, методы анализа временных рядов</p> <p><b>Уметь:</b> анализировать функциональные разрывы и корректировать существующие модели бизнес-процессов, согласовать с заказчиком предлагаемые изменения. работать с пользовательским интерфейсом MATLAB, вводить команды и создавать переменные, проводить анализ векторов и матриц, визуализировать векторные и матричные данные, работать с файлами данных, работать с типами данных, автоматизировать команды с помощью скриптов, писать программы с логикой и управлять потоком, писать функции</p> <p><b>Владеть:</b> навыками построения эконометрических моделей, навыками использования пакетов статистического анализа для построения эконометрических моделей</p>
<p><b>ПК-8</b> Способность проводить тестирование компонентов программного</p>	<p>1.1_Б.ПК -8. Грамотно использует информацию об: инструментах и методах модульного тестирования;</p>	<p><b>Знать:</b> - инструменты и методы модульного тестирования; регламенты модульного тестирования; возможности</p>

<p>обеспечения ИС</p>	<p>регламентах модульного тестирования; возможностях ИС; предметной области автоматизации; источниках информации, необходимой для профессиональной деятельности; современном отечественном и зарубежном опыте в профессиональной деятельности; диаграмме Ганта, методе «набегающей волны», типах зависимостей между работами; оценке (прогнозировании) бюджетов и графиков: методе аналогов, экспертных оценках; управлении содержанием проекта: документировании требований, анализе продукта, модерируемых совещаниях; управлении качеством: контрольных списках, верификации, валидации (приемо-сдаточных испытаниях); инструментах и методах интеграционного тестирования; основах управления изменениями; управлении коммуникациями в проекте: базовых навыках управления (в том числе проведении презентаций, проведении переговоров, публичных выступлениях)</p>	<p>ИС; предметную область автоматизации; источники информации, необходимой для профессиональной деятельности</p> <p><b>- Уметь:</b> использовать современный отечественный и зарубежный опыт в профессиональной деятельности; диаграмму Ганта, метод «набегающей волны», типы зависимостей между работами; оценки (прогнозировании) бюджетов и графиков: метод аналогов, экспертных оценок;</p> <p><b>Владеть:</b> - комплексом средств, которые используются в -управлении содержанием проекта: документировании требований, анализе продукта, модерируемых совещаниях; -управлении качеством: контрольных списках, верификации, валидации (приемо-сдаточных испытаниях); инструментах и методах интеграционного тестирования; -в основах управления изменениями; управлении коммуникациями в проекте: базовых навыках управления (в том числе проведении презентаций, проведении переговоров, публичных выступлениях)•</p>
	<p>2.1_Б.ПК -8. Распределяет работы и выделяет ресурсы; контролирует исполнение поручений</p>	<p><b>Знать:</b> - методы распределения работ и выделения соответствующих необходимых для этого ресурсов</p> <p><b>Уметь:</b> использовать методы распределения работ и выделения</p>

		соответствующих необходимых для этого ресурсов <b>Владеть:</b> необходимой информацией для распределения работы и о необходимых для этого ресурсах	
	3.1_Б.П К-8. Анализирует исходные данные и разрабатывает регламентные документы	<b>Знать:</b> - методы анализа исходных данных и способы разработки регламентных документов <b>Уметь:</b> анализировать исходные данные и разрабатывать регламентные документы <b>Владеть:</b> методами анализа исходных данных и способами разработки регламентных документов	
	4.1_Б.ПК -8. Имеет опыт: обеспечения соответствия процессов модульного тестирования ИС принятым в организации или проекте стандартам и технологиям; назначения и распределения ресурсов; контроля исполнения; анализа результатов тестирования с точки зрения организации процесса тестирования; разработки предложений по совершенствованию процесса тестирования	<b>Знать:</b> - методы обеспечения соответствия процессов модульного тестирования ИС принятым в организации или проекте стандартам и технологиям; <b>Уметь:</b> назначать и распределять ресурсы; контролировать исполнение; анализировать результаты тестирования с точки зрения организации процесса тестирования <b>Владеть:</b> методикой разработки предложений по совершенствованию процесса тестирования	
<b>ПК-9</b> Способность осуществлять ведение базы данных и поддержку информационного обеспечения решения прикладных задач	1.1_Б.ПК -9. Грамотно использует информацию о: инструментах и методах проектирования структур баз данных; инструментах и методах верификации структуры базы данных; возможностях ИС; предметной области автоматизации;	<b>Знать:</b> - инструменты и методы проектирования структур баз данных; инструменты и методы верификации структуры базы данных; возможности ИС; предметной области автоматизации; основы современных	

	<p>основах современных систем управления базами данных; теории баз данных; основах программирования; современных объектно-ориентированных языках программирования; современных структурных языках программирования; языках современных бизнес-приложений; современных методиках тестирования разрабатываемых ИС: инструментах и методах модульного тестирования, инструментах и методах тестирования нефункциональных и функциональных характеристик ИС; источниках информации, необходимой для профессиональной деятельности; современном отечественном и зарубежном опыте в профессиональной деятельности; основах управления торговлей, поставками и запасами; основах организации производства; основах управления взаимоотношениями с клиентами и заказчиками (CRM); современных инструментах и методах управления организацией, в том числе методах планирования деятельности, распределения поручений, контроля исполнения, принятия решений; методологии ведения документооборота в организациях; инструментах и методах</p>	<p>систем управления базами данных; теорию баз данных; основы программирования; современные объектно-ориентированные языки программирования; современные структурные языки программирования; языки современных бизнес-приложений  <b>Уметь:</b> применять современные методики тестирования разрабатываемых ИС: инструменты и методы модульного тестирования, инструменты и методы тестирования нефункциональных и функциональных характеристик ИС; использовать источники информации, необходимые для профессиональной деятельности; использовать информацию о современном отечественном и зарубежном опыте в профессиональной деятельности  <b>Владеть:</b> основами управления торговлей, поставками и запасами; основами организации производства; основами управления взаимоотношениями с клиентами и заказчиками (CRM); современными инструментами и методами управления организацией, в том числе методами планирования деятельности, распределения поручений, контроля исполнения, принятия решений; методологией ведения документооборота в организациях; инструментами и методами определения финансовых и</p>	
--	--	--	--



	определения финансовых и производственных показателей деятельности организаций	производственных показателей деятельности организаций	
	2.1_Б.ПК -9. Разрабатывает и верифицирует структуру баз данных	<b>Знать:</b> - теорию разработки и верификации структур баз данных <b>Уметь:</b> применять методы разработки и верификации структур баз данных <b>Владеть:</b> методами разработки и верификации структур баз данных	
	3. 1_Б.ПК-9. Разрабатывает структуру баз данных ИС в соответствии с архитектурной спецификацией; верифицирует структуру баз данных ИС относительно архитектуры ИС и требований заказчика к ИС; устраняет обнаруженные несоответствия	<b>Знать:</b> - методику разработки структуры базы данных ИС в соответствии с архитектурной спецификацией; <b>Уметь:</b> верифицировать структуру баз данных ИС относительно архитектуры ИС и требований заказчика к ИС; <b>Владеть:</b> методикой устранения обнаруженных несоответствий	
<b>ПК-11</b> Способность осуществлять презентацию информационной системы и начальное обучение пользователей	1.1_Б.ПК -11. Грамотно использует информацию о: инструментах и методах разработки пользовательской документации; предметной области автоматизации; устройстве и функционировании современных ИС; системах хранения и анализа баз данных; современных стандартах информационного взаимодействия систем; программных средствах и платформах инфраструктуры информационных технологий организаций; современных подходах и	<b>Знать:</b> инструменты и методы разработки пользовательской документации; предметную область автоматизации; устройство и функционирование современных ИС; системы хранения и анализа баз данных; современные стандарты информационного взаимодействия систем; программные средства и платформы инфраструктуры информационных технологий организаций; современные подходы и стандарты автоматизации организации (например, CRM, MRP, ERP, ITIL, ITSM); системы	

	<p>стандартах автоматизации организации (например, CRM, MRP, ERP, ITIL, ITSM); системах классификации и кодирования информации, в том числе присвоении кодов документам и элементам справочников; источниках информации, необходимой для профессиональной деятельности; современном отечественном и зарубежном опыте в профессиональной деятельности; основах управленческого учета; основах управления торговлей, поставками и запасами; основах организации производства; основах информационной безопасности организации; основах управления взаимоотношениями с клиентами и заказчиками (CRM); современных инструментах и методах управления организацией, в том числе методах планирования деятельности, распределения поручений, контроля исполнения, принятия решений; методологии ведения документооборота в организациях; возможностях ИС; основных принципах обучения; принципах разработки курсов обучения; инструментах и методах выявления требований; технологиях подготовки и проведения презентаций; методиках и типовых программах обучения пользователей, рекомендованных производителем ИС;</p>	<p>классификации и кодирования информации, в том числе присвоении кодов документам и элементам справочников; источники информации, необходимой для профессиональной деятельности;</p> <p><b>- Уметь:</b></p> <p>использовать -отечественный и зарубежный опыт в профессиональной деятельности;</p> <p>-основы управленческого учета; основы управления торговлей, поставками и запасами;</p> <p>-основы организации производства; основы информационной безопасности организации; основы управления взаимоотношениями с клиентами и заказчиками (CRM);</p> <p>- современные инструменты и методы управления организацией, в том числе методы планирования деятельности, распределения поручений, контроля исполнения, принятия решений;</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p>- методологией ведения документооборота в организациях; возможностями ИС; основными принципами обучения; принципами разработки курсов обучения; инструментами и методами выявления требований; технологиями подготовки и проведения презентаций; методиками и типовыми программами обучения пользователей, рекомендованными производителем ИС; основами системного</p>
--	--	--

	основах системного администрирования; основах современных операционных систем; основах теории управления	администрирования; основами современных операционных систем; основами теории •управления	
	2.1_Б.ПК -11. Разрабатывает пользовательскую документацию; устанавливает программное обеспечение; проводит презентации; разрабатывает курсы обучения	<b>Знать:</b> методику разработки пользовательской документации; <b>- Уметь:</b> устанавливать программное обеспечение; проводить презентации; <b>Владеть:</b> методикой разработки и проведения курсов обучения	
	3.1_Б.ПК -11. Разрабатывает и выбирает программы обучения пользователей ИС; проводит обучение пользователей ИС по сложным программам обучения	<b>Знать:</b> - методику обучения пользователей ИС по сложным программам обучения <b>Уметь:</b> - разрабатывать и выбирать программы обучения пользователей ИС <b>Владеть:</b> методикой обучения пользователей ИС по сложным программам обучения	
	4.1_Б.ПК -11. Осуществляет выходное тестирование пользователей ИС; собирает замечания и пожелания пользователей для развития ИС	<b>Знать:</b> - методику выполнения выходного тестирования пользователей ИС <b>- Уметь</b> выполнять выходное тестирования пользователей ИС <b>Владеть:</b> -приемами сбора замечаний и пожеланий пользователей для развития ИС	
<b>ПК-12.</b> Способность выявлять бизнес-проблемы или бизнес-возможности.	1.1_Б.ПК-12. Грамотно использует информацию о: методах, техниках, процессах и инструментах управления требованиями заинтересованных сторон; предметной области и специфике деятельности организации в объеме, достаточном для решения	<b>Знать:</b> -методы ,технику, процессы и инструменты управления требованиями заинтересованных сторон <b>Уметь:</b> -применять методы имитационного и эконометрического моделирования для	

	<p>задач бизнес-анализа; теории межличностной и групповой коммуникации в деловом взаимодействии; теории конфликтов; языках визуального моделирования; теории управления рисками; теории систем.</p>	<p>решения задач бизнес-анализа  <b>Владеть:</b>  -методами анализа результатов прогонов имитационных моделей бизнес-процессов и планирования модельных экспериментов</p>
	<p>2.1_Б.ПК-12. Использует техники выявления заинтересованных сторон; планирует, организует и проводит встречи и обсуждения с заинтересованными сторонами; использует техники эффективных коммуникаций; выявляет, регистрирует, анализирует и классифицирует риски и разрабатывает комплекс мероприятий по их минимизации; собирает, классифицирует, систематизирует и обеспечивает хранение и актуализацию информации бизнес-анализа; оформляет результаты бизнес-анализа в соответствии с выбранными подходами; определяет связи и зависимости между элементами информации бизнес-анализа; представляет информацию бизнес-анализа различными способами и в различных форматах для обсуждения с заинтересованными сторонами; применяет информационные технологии в объеме, необходимом для целей бизнес-анализа.</p>	<p><b>Знать:</b>  -технику планирования и организации встреч заинтересованных сторон; методы сбора, классификации и систематизации информации для бизнес-анализа  <b>Уметь:</b>  - оформлять результаты бизнес-анализа в соответствии с выбранными подходами; определять связи и зависимости между элементами информации бизнес-анализа  <b>Владеть:</b>  - методами представления информации о бизнес-анализе различными способами и в различных форматах для обсуждения с заинтересованными сторонами</p>
	<p>3.1_Б.ПК-12. Анализирует внутренние (внешние) факторы и условия, влияющие на деятельность</p>	<p><b>Знать:</b>  -методы анализа внутренних (внешних) факторов и условий, влияющих на деятельность</p>

	<p>организации; анализирует требования заинтересованных сторон с точки зрения критериев качества, определяемых выбранными подходами; оформляет требования заинтересованных сторон в соответствии с выбранными подходами; классифицирует требования заинтересованных сторон в соответствии с выбранными подходами; моделировать требования заинтересованных сторон в соответствии с выбранными подходами; документировать требования заинтересованных сторон в соответствии с выбранными подходами к оформлению требований; определяет атрибуты требований заинтересованных сторон и их значения в соответствии с выбранными подходами; управляет изменениями требований заинтересованных сторон в соответствии с выбранным подходом; анализирует качество информации бизнес-анализа с точки зрения выбранных критериев; проводит анализ предметной области.</p>	<p>организации; анализа требований заинтересованных сторон с точки зрения критериев качества, определяемых выбранными подходами  <b>Уметь:</b>  - классифицировать требования заинтересованных сторон в соответствии с выбранными подходами; моделировать требования заинтересованных сторон в соответствии с выбранными подходами; документировать требования  <b>Владеть:</b>  -методами анализа качества информации бизнес-анализа с точки зрения выбранных критериев;</p>
	<p>4.1_Б.ПК-12. Выполняет функциональную декомпозицию работ; моделирует объем и границы работ; выявляет и классифицирует бизнес-проблемы или бизнес-возможности; представляет информацию о выявленных бизнес-проблемах или бизнес-возможностях различными способами и</p>	<p><b>Знать:</b>  -приемы выполнения функциональной декомпозиции работ, моделирования объема и границ работ  <b>Уметь:</b>  -выявлять и классифицировать бизнес-проблемы и бизнес-возможности, представлять информацию о выявленных бизнес-проблемах или</p>

		в различных форматах для обсуждения с заинтересованными сторонами.	бизнес-возможностях <b>Владеть:</b> - различными способами и в различных форматах представлять информацию для обсуждения с заинтересованными сторонами
		5.1_Б.ПК-12. Имеет опыт: анализа потребностей заинтересованных сторон; анализа контекста; выявлять и документирования истинных бизнес-проблем или бизнес-возможностей; согласования с заинтересованными сторонами выявленных бизнес-проблем или бизнес-возможностей; формирования целевых показателей решений.	<b>Знать:</b> -методы анализа потребностей заинтересованных сторон; анализа контекста; <b>Уметь:</b> -документировать истинные бизнес-проблемы или бизнес-возможности, согласовать с заинтересованными сторонами выявленные бизнес-проблемы или бизнес-возможности <b>Владеть:</b> -приемами формирования целевых показателей решений
<b>ПК-13.</b> Способность формировать возможные решения на основе разработанных целевых показателей, дать анализ и обоснование выбранного решения.		1.1_Б.ПК-13. Грамотно использует информацию о: теории межличностной и групповой коммуникации в деловом взаимодействии; теории конфликтов; языках визуального моделирования; методах сбора, анализа, систематизации, хранения и поддержания в актуальном состоянии информации бизнес-анализа; информационных технологиях (программном обеспечении), применяемых в организации, в объеме, необходимом для целей бизнес-анализа; теории систем; предметной области и специфике деятельности организации в объеме, достаточном для решения задач бизнес-анализа.	<b>Знать:</b> - методы сбора, анализа, систематизации, хранения и поддержания в актуальном состоянии информации бизнес-анализа; <b>Уметь:</b> - использовать информацию о: теории межличностной и групповой коммуникации в деловом взаимодействии; теории конфликтов; языках визуального моделирования <b>Владеть:</b> -информационными технологиями (программным обеспечением), применяемым в организации, в объеме, необходимом для целей бизнес-анализа;
		2.1_Б.ПК-13. Выявляет,	<b>Знать:</b>

	<p>регистрирует, анализирует и классифицирует риски и разрабатывает комплекс мероприятий по их минимизации; оформляет результаты бизнес-анализа в соответствии с выбранными подходами; определяет связи и зависимости между элементами информации бизнес-анализа; применяет информационные технологии в объеме, необходимом для целей бизнес-анализа.</p>	<p>- методы и приемы выявления, регистрации, анализа и классификации рисков  <b>Уметь:</b>  -разрабатывать комплекс мероприятий по их минимизации; оформлять результаты бизнес-анализа в соответствии с выбранными подходами; определять связи и зависимости между элементами информации бизнес-анализа  <b>Владеть:</b>  -информационными технологиями в объеме, необходимом для целей бизнес-анализа.</p>
	<p>3.1_Б.ПК-13. Анализирует внутренние (внешние) факторы и условия, влияющие на деятельность организации; анализирует требования заинтересованных сторон с точки зрения критериев качества, определяемых выбранными подходами; проводит оценку эффективности решения с точки зрения выбранных критериев; оценивает бизнес-возможность реализации решения с точки зрения выбранных целевых показателей; моделирует объем и границы работ; планирует, организовывает и проводит встречи и обсуждения с заинтересованными сторонами</p>	<p><b>Знать:</b>  - внутренние (внешние) факторы и условия, влияющие на деятельность организации  <b>Уметь:</b>  - анализировать требования заинтересованных сторон с точки зрения критериев качества, определяемых выбранными подходами; проводить оценку эффективности решения с точки зрения выбранных критериев; оценивать бизнес-возможности  <b>Владеть:</b>  - методиками моделирования объема и границы работ; планирования, организации и проведения встреч и обсуждения с заинтересованными сторонами</p>
	<p>4.1_Б.ПК-13. Выявляет, собирает и анализирует информацию бизнес-анализа для формирования возможных решений; описывает возможные решения; анализирует решения с точки зрения достижения</p>	<p><b>Знать:</b>  - методики сбора и анализа информации для бизнес-анализа и формирования возможных решений  <b>Уметь:</b>  - описывать возможные решения; анализировать решения с точки зрения</p>

	<p>целевых показателей решений; оценивает ресурсы, необходимые для реализации решений; оценивает эффективность каждого варианта решения как соотношения между ожидаемым уровнем использования ресурсов и ожидаемой ценностью; выбирает решения для реализации в составе группы экспертов.</p>	<p>достижения целевых показателей решений; оценивать ресурсы, необходимые для реализации решений  <b>Владеть:</b>  -методиками оценки эффективности каждого варианта решения как соотношения между ожидаемым уровнем использования ресурсов и ожидаемой ценностью</p>
--	---	---

#### 4. Структура и содержание дисциплины «Исследование операций»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 16 зач. ед (576часов).

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)							Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)	
				лек	Лаб. работы		Практ. занятия		КСР	СР		конт роль
					Общая трудоемкость	Из них: практическая подготовка	Общая трудоемкость	Из них: практическая подготовка				
<b>Часть 1 «Введение в MATLAB»</b>												
1	Пользовательский интерфейс	4	1,2				4	4		6	опрос, проверка дом. задания	
2	Переменные и выражения	4	3,4				4	4	1	7	опрос, проверка дом. задания	
3	Работа с векторами и матрицами	4	5,6,7				6	6		6	опрос, проверка дом. задания	
4	Визуализация векторных и матричных данных	4	8,9,10				6	6		7	отчёт по практике, контр. работа	
5	Автоматизация работы с помощью скриптов	4	11-13				6	6	1	6	опрос, проверка дом. задания	
6	Работа с файлами данных, функции ввода и вывода	4	14-16				6	6		6	Отчет о практической подготовке	
<b>Промежуточная аттестация Всего – 72 часа</b>				0	0	0	32	32	2	38	<b>Зачет, 1 конт. раб. курсовая работа</b>	
<b>Часть 2 «Имитационное моделирование в экономике»</b>												



1	Основные понятия теории имитационного моделирования	5	1,2	2	2		6	6		1 2		опрос, проверка дом. задания
2	Математические схемы и инструментальные средства моделирования систем	5	3,4	6	6		6	6		1 2		опрос, проверка дом. задания
3	Статистическое моделирование систем на ЭВМ	5	5,6	8	8		6	6	1	1 2		опрос, проверка дом. задания
4	Непрерывно-детерминированные модели. Подход системной динамики к созданию имитационных моделей	5	7-10	8	8		6	6		1 2		опрос, проверка дом. задания.
5	Дискретно-событийное моделирование. Основы имитационного моделирования средствами GPSS World и AnyLogic	5	11-14	6	6		6	6		1 2		опрос, проверка дом. задания
6	Планирование машинных экспериментов с моделями систем, обработка и анализ результатов моделирования систем	5	15, 16, 17, 18	6	6		6	6		1 0		Отчет о практической подготовке
<b>Промежуточная аттестация</b>				<b>36</b>	<b>36</b>	<b>0</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>2</b>	<b>70</b>		<b>Зачет, 2 контр. работы</b>
<b>Часть 3 Математическая экономика"</b>												
1	Математическая теория потребления	6	1,2, 3	6	6	6				1 5		опрос, проверка дом. задания
2	Математическая теория производства	6	4,5, 6	6	6	6				1 6		контр. раб.

3	Математическая теория конкурентного равновесия	6	7,8,9	8	6	6			1	16		опрос, проверка дом. задания
4	Моделирование экономики в условиях несовершенной конкуренции	6	10-13	6	8	8			1	16		опрос, проверка дом. задания
5	Линейные модели производства	6	14-16	6	6	6				15		Отчет о практической подготовке
<b>Промежуточная аттестация Всего – 216 часов</b>				<b>32</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>78</b>	<b>72</b>	<b>Экзамен, 1 конт.р. Курсовая работа</b>
<b>Часть 4 "Эконометрика"</b>												
1	Модель парной регрессии	7	1,2,3	7	5	5						опрос, проверка дом. задания
2	Классическая линейная модель множественной регрессии	7	4,5,6,7	7	3	3						опрос, проверка дом. задания
3	Нелинейные модели регрессии и их линеаризация	7	8,9,10,11	7	4	4						опрос
4	Обобщенная линейная модель с гетероскедастичными остатками	7	12-15	7	3	3						опрос, проверка дом. задания
5	Модели стационарных и нестационарных временных рядов	7	16	8	3	3						Отчет о практической подготовке
<b>Промежуточная аттестация Всего – 108 часов</b>				<b>36</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>16</b>	<b>36</b>	<b>Экзамен, 1 контр. работа</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>				<b>576 часов</b>								

### *Содержание части 1 «Введение в MATLAB»*

#### Тема 1. Пользовательский интерфейс MATLAB

Рассматриваются основные особенности интегрированной среды разработки MATLAB и ее взаимодействия с пользователем.

- Чтение данных из файла.
- Сохранение и загрузка переменных.
- Простейшие приемы визуализации данных.
- Настройка диаграмм.
- Экспорт графиков для использования в других приложениях.

*Практическая подготовка.* Информационный поиск Интернет-ресурсов, связанных с интегрированными программными пакетами для автоматизации математических расчетов. Знакомство с панелью управления и справочной системой MATLAB, основными объектами, типами данных, функциями. Выполнение упражнений по чтению и визуализации данных

## Тема 2. Переменные и выражения.

Рассматривается концепция ввода команд MATLAB. Особое значение уделяется созданию и доступу к данным в переменных.

- Ввод команд.
- Создание переменных.
- Использование системы Помощь.
- Доступ и изменение значений переменных.
- Создание символьных переменных

*Практическая подготовка.* Изучение команд MatLab по элементарной математике. Выполнение упражнений по созданию и преобразованию переменных.

## Тема 3. Работа с векторами и матрицами.

Обращение к элементам матриц и векторов, применение функций обработки данных к векторам и матрицам, поэлементные операции, умножение матриц и векторов, решение систем линейных уравнений, блочные матрицы, вычисление математических функций от элементов матриц.

*Практическая подготовка.* Изучение команд MatLab по элементарной математике и линейной алгебре. Решение задач, связанных с приложениями матричной алгебры. Решение матричных уравнений. Закрепление умений быстрой работы в Matlab с матричными операциями.

## Тема 4. Визуализация векторных и матричных данных.

Диаграммы векторных и матричных данных, представление матричных данных, графики функций одной переменной, логарифмический масштаб, графики функций двух переменных, поворот графика, изменение точки обзора, работа с несколькими графиками в одном окне

*Практическая подготовка.* Знакомство с графическими возможностями Matlab. Построение простейших графиков. Вывод нескольких графиков в одном окне. Построение столбиковых, секторальных диаграмм, диаграмм траекторий движения, использование трехмерной графики.

## Тема 5. Автоматизация работы с помощью скриптов.

При усложнении задач ввод длинных последовательностей команд в командной строке становится нецелесообразным. В данной теме рассматривается объединение команд

MATLAB в сценарии для удобства повторного использования и проведения численных экспериментов.

- Примеры моделирования.
- Сохранение истории Командной строки.
- Создание скриптов.
- Запуск сценариев.
- Ячейки.

*Практическая подготовка.* Знакомство с языком программирования Matlab. Выполнение упражнений по созданию m-файлов, файл-программ (Script m-GFile), файл-функций (Function M-File). Решение примеров задач с использованием вложенных функций, операторов цикла и условных операторов.

#### Тема 6. Работа с файлами данных, функции ввода-вывода

рассматриваются общие задачи по импорту данных в MATLAB из файлов. Т.к. импортируемые данные могут быть самых разнообразных типов и форматов, особое внимание уделяется работе с ячейками массивов и форматами дат.

- Импорт данных.
- Смешанные типы данных.
- Массивы ячеек.
- Числа, строки и данные.
- Экспорт данных.

Помимо высокоуровневого импорта и экспорта данных функции MATLAB также обеспечивает низкоуровневых функции, которые позволяют полностью контролировать текстовые и двоичные файлы ввода / вывода.

*Практическая подготовка.* Выполнение упражнений: открытие и закрытие файлов, чтение и запись текстовых файлов, чтение и запись двоичных файлов.

## ***Содержание части 2 «Имитационное моделирование в экономике»***

### Тема 1. Основные понятия теории имитационного моделирования

Современное состояние и общая характеристика проблемы имитационного моделирования систем. Методологическая основа моделирования. Использование моделирования при исследовании и проектировании экономических информационных систем. Границы практического использования математических методов и недостатки этих методов. Необходимость применения имитационного моделирования для анализа сложных систем. Хронологические данные по развитию методов имитационного моделирования. Цели и задачи имитационного моделирования, предметные области применения

*Практическая подготовка.* Информационный поиск Интернет-ресурсов, связанных с применением методологии имитационного моделирования для решения прикладных экономических задач.

### Тема 2. Математические схемы и инструментальные средства моделирования систем

Классификационные признаки видов моделирования. Детерминированное и стохастическое моделирование. Статика и динамика систем. Дискретные и непрерывные модели. Особенности аналитического и имитационного моделирования. Непрерывно-детерминированные модели. Автоматные модели. Дискретно-стохастические модели. Математические схемы систем массового обслуживания.

Инструментальные средства имитационного моделирования. Особенности языков программирования ИМ. Сравнительные характеристики языков моделирования. Системы моделирования. Визуальные инструментальные средства и среды для моделирования. Языки и интегрированные среды для моделирования

*Практическая подготовка.* Информационный поиск Интернет-ресурсов, связанных с интегрированными программными пакетами для решения задач методом имитационного

моделирования на пример пакетов AnyLogic, InsightMaker, GPSS World, Arena, @Risk, Simulink, Vensim и др.

### Тема 3. Статистическое моделирование систем на ЭВМ

Общая характеристика метода статистического моделирования. Метод Монте-Карло при решении типовых задач. Основные предельные теоремы теории вероятностей и их использование в статистическом моделировании (неравенство Чебышева, теорема Бернулли, теорема Пуассона, теорема Чебышева, центральная предельная теорема и др.). Закон больших чисел.

Генерирование псевдослучайных чисел: метод срединных квадратов, мультипликативный конгруэнтный метод, смешанный конгруэнтный метод. Генерирование случайных чисел с заданным законом распределения. Генерирование случайных чисел с экспоненциальным распределением на основе равномерного закона. Генерирование гамма-распределения. Генерирование случайных чисел, распределенных по нормальному закону: метод Бокса и Маллера, метод Марсальи и Брея, метод, основанный на центральной предельной теореме вероятностей. Генерирование случайных чисел, распределенных по закону Пуассона на основе экспоненциального распределения. Основные требования к датчику псевдослучайных чисел: проверка стохастичности случайной последовательности (тесты на проверку случайности), проверка независимости элементов последовательности, проверка равномерности последовательностей псевдослучайных квазиравномерно распределенных чисел. Моделирование случайных воздействий на системы. Моделирование марковских процессов

*Практическая подготовка.* Решение методом статистического моделирования задач по нахождению риска инвестиций в финансовые активы, определению характеристик систем массового обслуживания, систем управления запасами.

### Тема 4. Непрерывно-детерминированные модели. Подход системной динамики к созданию имитационных моделей

Принципы и методы анализа динамических управляемых систем с обратной связью и их применения для решения производственных, организационных и социально-экономических задач. Причинные циклы и потоковые диаграммы. Обратные связи и временные задержки. Стабилизирующие циклы.

Средства построения имитационных моделей на основе потоковых диаграмм. Основные элементы потоковых диаграмм: хранилища, потоки, конверторы, коннекторы. Примеры рабочих процессов. Сетевые модели без обратных связей. Сетевые модели с обратными связями. Модели периодических процессов. Устойчивость нелинейных динамических систем с обратными связями. Возможности пакетов имитационного моделирования Ithink, Powersim, Vensim. Основные элементы потоковых диаграмм: фонды, потоки, конвекторы, коннекторы. Моделирование базовых потоковых процессов. Уровни представления моделей. Меню. Инструменты. Объекты. Встроенные функции. Доступ к внешним данным. Инструменты анализа чувствительности. Средства визуализации. Примеры имитационных моделей: логистика торговой компании: планирование товарных потоков, транспорта и продаж, управления персоналом и др

*Практическая подготовка.* Построение имитационных моделей жизненного цикла продаж нового продукта, управления персоналом при выполнении проекта и др в программных средах InsightMaker и AnyLogic.

### Тема 5. Дискретно-событийное моделирование. Основы имитационного моделирования средствами GPSS World и AnyLogic

Типовые системы массового обслуживания. Потоки и задержки. Однородный и неоднородный поток событий. Прибор обслуживания заявок как элементарный блок в имитационном моделировании экономических процессов.

Варианты моделей систем обслуживания: однородные и неоднородные потоки заявок, кольцевая система очередей, статический и динамический и абсолютный приоритеты,

моделирование процессов обслуживания заявок в условиях отказов, моделирование сетей обслуживания.

Языки и интегрированные среды моделирование промышленных процессов. Основные понятия. Блоки ввода, удаления и задержки транзактов. Элементы символизирующие обслуживающие приборы. Блоки сбора статистики. Элементы символизирующие многоканальные устройства. Стандартные числовые атрибуты. Параметры транзактов. Технология моделирования, примеры создания имитационных моделей

*Практическая подготовка.* Построение имитационных обслуживания клиентов в малом офисе, магазине, движения пешеходов и транспортных средств, производственных линий и др. средствами GPSS World или Anylogic.

Тема 6. Планирование машинных экспериментов с моделями систем, обработка и анализ результатов моделирования систем

Особенности фиксации и статистической обработки результатов моделирования систем на ЭВМ. Задачи обработки результатов моделирования. Статистические методы обработки результатов моделирования систем. Типовые критерии согласия при обработке результатов моделирования. Анализ и интерпретация результатов машинного моделирования: корреляционный и дисперсионный анализ.

Оценка вероятностных характеристик и определение точности результатов статистического моделирования.

Задача планирования экспериментов с имитационной моделью на ЭВМ. Стратегическое планирование машинных экспериментов с моделями систем. Этапы стратегического планирования: построение структурной и функциональной моделей. Тактическое планирование машинных экспериментов с моделями систем: определение начальных условий и их влияния на достижение установившегося результата при моделировании, обеспечение точности и достоверности результатов моделирования, уменьшение дисперсии оценок характеристик процесса функционирования моделируемых систем, проблема выбора правил автоматической остановки имитационного эксперимента с моделями систем.

*Практическая подготовка.* Выполнение имитационных экспериментов средствами GPSS World или Anylogic.

### **Содержание части 3 «Методы оптимизации»**

Тема 1. Линейное программирование.

Примеры задач ЛП: задача оптимального планирования производства, задача о рации, транспортная задача. Постановка и формы записи задач ЛП: основная, стандартная, каноническая, общая форма; приемы сведения одной формы к другой. Геометрическая интерпретация задачи ЛП. Симплекс–метод: понятие базисного плана и его базиса, описание итерации симплекс-метода, теоремы Данцига, возможные ситуации перехода к очередному базисному плану, правило Блэнда устранения зацикливания, связь между старыми и новыми параметрами замещения, симплекс-таблица, построение исходного базисного плана. Двойственная задача ЛП: теоремы двойственности, экономическая интерпретация двойственной задачи.

*Практическая подготовка.* Решение примеров на сведение задач ЛП из одной формы в эквивалентную ей в другой форме. Решение двумерных задач ЛП геометрически, отыскание начального базисного плана, решение задач ЛП симплекс методом.

Тема 2. Элементы выпуклого анализа.

Выпуклые множества: внутренность и замыкание выпуклого множества, теорема о проекции на выпуклое замкнутое множество, теорема Каратеодори о выпуклой оболочке множества, теоремы отделимости. Выпуклые конусы: сопряженный конус, теорема Милютина-Дубовицкого, конус возможных направлений выпуклого

множества. Выпуклые функции: теорема Иенсена, непрерывность и дифференцируемость по направлениям выпуклой конечной функции. Специальные выпуклые функции: функция Минковского, индикаторная функция, опорная функция множества. Субдифференциал выпуклой функции: свойства субдифференциала, субдифференциал суммы выпуклых функций, субдифференциал от максимума выпуклых функций, субдифференциал специальных выпуклых функций.

*Практическая подготовка.* Исследование множеств, заданных с помощью функциональных равенств и неравенств, на выпуклость. Исследование функций на выпуклость и вогнутость с помощью критерия для дважды дифференцируемых функций. Решение примеров на отыскание субдифференциала суммы и максимума от выпуклых функций.

### Тема 3. Выпуклое программирование.

Общая задача выпуклого программирования, необходимое и достаточное условие ее решения. Основная задача выпуклого программирования, условие Слейтера, функция Лагранжа, теорема Куна-Таккера, теорема о седловой точке. Применение теоремы Куна-Таккера к анализу решения задачи потребительского выбора и задачи оптимизации прибыли производственной фирмы.

*Практическая подготовка.* Исследование заданной функции полезности на вогнутость. Решение задач по оптимизации функции полезности при бюджетном ограничении.. Решение задач по оптимизации прибыли фирмы, минимизации издержек при заданном уровне производства, максимизации дохода при заданном уровне издержек.

### Тема 4. Численные методы оптимизации.

Методы минимизации функций одной переменной: классический метод, метод деления отрезка пополам, метод золотого сечения, метод касательных.

Минимизация функций многих переменных на всем пространстве: метод покоординатного спуска, метод наискорейшего спуска, градиентный метод, субградиентный метод для минимизации выпуклой функции, метод Келли.

Минимизация при наличии ограничений: метод проекции градиента, метод условного градиента, метод возможных направлений, метод линеаризации, метод сопряженных направлений, метод Ньютона, метод штрафных функций, метод случайного поиска.

*Практическая подготовка.* Решение задач на минимизацию унимодальных функций одного переменного методами деления отрезка пополам, золотого сечения и методом касательных. Решение безусловных экстремальных задач на применение метода покоординатного спуска, градиентного спуска. Применение метода проекции градиента и метода проекции градиента для решения задачи выпуклого программирования.

### Тема 5. Элементы вариационного исчисления.

Задача о брахистохроне, как пример задачи вариационного исчисления. Постановка простейшей задачи вариационного исчисления. Понятие слабого локального минимума. Лемма Дюбуа – Реймона, теорема Эйлера, случаи упрощения уравнения Эйлера, ее применение к задаче о брахистохроне. Случай функционала, зависящего от производных более высоко порядка. Изопериметрическая задача

*Практическая подготовка.* Решение простейших задач вариационного исчисления с помощью теоремы Эйлера.

## ***Содержание части 4 «Эконометрика»***

### Тема 1. Модель парной регрессии. Метод наименьших квадратов

Метод наименьших квадратов. Нахождение оценок коэффициентов. Оценка дисперсии ошибок. Доверительные интервалы для коэффициентов регрессии. Дисперсионный анализ

в регрессии. Оценка максимального правдоподобия для коэффициентов регрессии. Интерпретация и использование результатов регрессионного анализа

*Практическая подготовка.* Решение индивидуальных заданий по моделированию взаимосвязи двух переменных. Самостоятельный сбор и анализ данных о зависимости цен на недвижимость от площади помещений, цен подержанных автомобилей от возраста или пробега, стоимости тарифов на перевозки от расстояния и т.п.

### Тема 2. Классическая линейная модель множественной регрессии

Основные гипотезы. Метод наименьших квадратов. Теорема Гаусса-Маркова. Статистические свойства МНК-оценок. Проверка значимости коэффициентов регрессии. Доверительные интервалы и доверительные области. Проверка значимости уравнения регрессии. Разложение сумм квадратов. F-критерий. Коэффициент детерминации. Интерпретация результатов многомерной регрессии. Линейная, логарифмическая и полулогарифмическая модель. Фиктивные переменные. Сравнение «короткой» и «длинной» регрессии. Тест Чоу. Проверка общей линейной гипотезы. Мультиколлинеарность. Учет качественных факторов в моделях регрессии. Фиктивные переменные. Выбор эталонных категорий. Перекрестные фиктивные переменные. Фиктивные переменные, основанные на значениях количественных факторов. Учет сезонности с помощью фиктивных переменных.

*Практическая подготовка.* Знакомство с возможностями пакета Gretl. Решение заданий по оцениванию параметров моделей множественной регрессии и интерпретации результатов.

### Тема 3. Нелинейные модели регрессии и их линеаризация

Виды нелинейных зависимостей, поддающиеся непосредственной линеаризации. Преобразования переменных. Логарифмическая и полулогарифмическая модель. Оценивание эластичностей

*Практическая подготовка.* Разбор примеров по выбору функциональной формы зависимости. Изучение возможностей пакета Gretl по преобразованию переменных. Выполнение тестов на нелинейность. RESET тест.

### Тема 4. Обобщенная линейная модель с гетероскедастичными остатками

Обобщенная линейная модель с гетероскедастичными остатками и ее характеристики. Тесты на гетероскедастичность. Оценивание в условиях гетероскедастичности. Обобщенный метод наименьших квадратов (ОМНК). Сравнение МНК - и ОМНК - оценок. Доступный обобщенный метод наименьших квадратов. Модель регрессии с автокоррелированными остатками. Проверка гипотезы о наличии / отсутствии автокоррелированности регрессионных остатков (критерий Дарбина - Уотсона).

*Практическая подготовка.* Изучение возможностей пакета Gretl по анализу и прогнозированию временных рядов

### Тема 5. Модели временных рядов.

Статистические модели временных рядов и их классификация. Методы исследования структуры стационарного временного ряда. Использование графиков коррелограммы и частной автокорреляционной функции для определения стационарности временного ряда. Линейные модели стационарных временных рядов. Модель авторегрессии порядка 1 (AR(1) - модели). Модель авторегрессии порядка p (AR(p) - модели). Модель скользящего среднего порядка 1 (СС(1)-модель). Модель скользящего среднего порядка q (СС(q)-модель). Комбинированные процессы авторегрессии - скользящего среднего ARСС(p,q). Определение значений параметров p и q модели стационарного ряда. Нестационарные временные ряды и их статистические модели. Тестирование временного ряда на стационарность и единичные корни, критерий Дики-Фуллера. Преобразование исходного временного ряда с помощью многократного применения конечных разностей.



Идентификация порядка разностей. Модель авторегрессии - проинтегрированного скользящего среднего (АРПСС(p,d,q)).

*Практическая подготовка.* Изучение возможностей пакета Gretl по анализу и прогнозированию временных рядов

## **5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины**

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению "Прикладная информатика" реализация компетентного подхода для данной дисциплины предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий, которые заключаются в том, что при проведении аудиторных занятий вводятся разнообразные формы, в том числе: компьютерные имитации основных бизнес-процессов с использованием технологий метода Монте-Карло, системной динамики дискретно-событийного моделирования, разбор в интерактивном режиме конкретных ситуаций, возникающих на практике, в сочетании с внеаудиторной работой студентов с целью формирования и развития профессиональных навыков и компетенций обучающихся.

Практическая подготовка осуществляется путем проведения лабораторных и практических занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Обучающиеся продолжают формировать профессиональные умения и навыки по обработке и анализу научной информации и результатов исследований, полученные при прохождении Практики по получению базовых навыков. Часть 1, 2, 3, ознакомительной практики.

Прохождение практической подготовки в рамках лабораторных и практических занятий формирует способность проводить исследовательскую деятельность в финансовых вычислениях, практическая обработка данных экспериментов и применения на практике. В результате студент сможет формулировать и решать стандартные задачи в исследовательской деятельности. Обучающиеся продолжают формировать профессиональные умения и навыки при прохождении Производственной практики (Научно-исследовательская работа), при написании бакалаврских работ.

Примеры профессиональных действий: умение работать с литературой, сравнивать изложение одних и тех же вопросов в различных источниках; решение задач аналитического характера; самостоятельное доказательство отдельных фактов; оформление результатов научно-исследовательских

Примеры задач. При проведении практической подготовки студенты решают задачи, направленные на формирование исследовательских умений и навыков в использовании методов линейного и выпуклого программирования, численных методов оптимизации функций без ограничений и при наличии ограничений; знакомятся с математическими методами количественной оценки параметров моделей экономических явлений и процессов; изучают методы бизнес-прогнозирования, осваивают современные эконометрических пакетов прикладных программ.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определяется главной целью (миссией) программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием конкретных дисциплин, и в целом в учебном процессе они должны составлять не менее 30% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа для соответствующих групп студентов не могут составлять более 50% аудиторных занятий.

### **Особенности проведения занятий для граждан с ОВЗ и инвалидностью**

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов используются подходы, способствующие созданию безбарьерной образовательной среды: технологии дифференциации и индивидуализации обучения, применение соответствующих методик по работе с инвалидами, использование средств дистанционного общения.

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены следующие формы организации учебного процесса и контроля знаний:

- для слабовидящих:

обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

для выполнения контрольных заданий при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;

задания для выполнения, а также инструкция о порядке выполнения контрольных заданий оформляются увеличенным шрифтом (размер 16-20);

- для глухих и слабослышащих:

обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости студентам предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих все контрольные задания по желанию студентов могут проводиться в письменной форме.

Основной формой организации учебного процесса является интегрированное обучение инвалидов, т.е. все студенты обучаются в смешанных группах, имеют возможность постоянно общаться со сверстниками, легче адаптируются в социуме

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

К основным учебно-методическим средствам обеспечения самостоятельной работы студентов относятся ресурсы научной библиотеки СГУ, электронные методические материалы, указанные в п.8.

При изучении дисциплины «Исследование операций» предусмотрены следующие виды самостоятельной работы обучающихся:

- разбор теоретического материала по конспектам лекций и пособиям;
- самостоятельное изучение указанных теоретических вопросов;
- решение задач по темам практических занятий;
- выполнение домашней контрольной работы.

**Самостоятельная внеаудиторная работа** студентов проводится в форме изучения и анализа лекционного материала, изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе, подбора дополнительных источников для извлечения информации, связанной с проблемами, изучаемыми в рамках данной дисциплины и решения задач с дальнейшим их разбором или обсуждением на аудиторных занятиях, подготовки к промежуточной аттестации.

**Самостоятельная аудиторная работа** студентов проводится в форме самостоятельного решения задач на практических занятиях с дальнейшим их разбором и обсуждением; проведения контрольной работы; поиска решений проблемных ситуаций, предложенных на лекциях и практических занятиях.

### ***Часть 1. Введение в MATLAB***

#### **План самостоятельной работы**

##### **1. Общие сведения о пакете научных вычислений Matlab**

Назначение и возможности. [5, Введение; 7, Введение]

## **2. Простейшие вычисления в Matlab**

Рабочая среда Matlab, Command Window, Workspace, Current Directory, Command History. Настройка рабочей среды Matlab с помощью меню Desktop Layout. Арифметические вычисления, использование переменных. Форматы вывода результатов вычислений. Использование элементарных встроенных функций. Работа с комплексными числами. Сохранение и восстановление рабочей среды Matlab. Бинарные mat-файлы. Работа с переменными в рабочей области. История команд (Command History). [6, Гл.1, 7, гл.1]

## **3. Работа с массивами и векторами.**

Вектор-столбцы и вектор-строки. Операции с векторами. Представление векторов в рабочей области. Создание векторов. Обращение к элементам вектора. Индексация с использованием диапазонов. Функции обработки данных для векторов (произведение, сортировка). Поэлементные операции с векторами. Построение таблицы значений функции. Скалярное, векторное и смешанное произведение векторов. [6, Гл.2]

## **4. Элементарные методы построения графиков функций и визуализации данных**

Использование команды plot (построение графика по векторам значений). Работа с графическими окнами. Построение графиков нескольких функций в одном окне. Настройка параметров. Графики функций двух переменных. Построение сетки. [6, гл. 2]

## **5. Работа с двумерными массивами и матрицами.**

Ввод матриц. Обращение к элементам матриц. Расположение элементов матрицы в памяти. Логическое индексирование (logical subscripting). Операции сложения, вычитания, умножения и возведения в степень для матриц. Решение систем линейных уравнений в матричной постановке. Файловый ввод-вывод для матриц. Создание матриц специального вида. Поэлементные операции с матрицами. Вычисление математических функций от элементов матриц. Применение функций обработки данных к матрицам (суммирование, сортировка, произведение. [6, гл. 2, 7, гл.6]

## **6. Высокоуровневая графика Matlab.**

Категории графиков. Диаграммы и гистограммы. Функции bar, hist, histc. Круговые диаграммы. Представление матричных данных с помощью диаграмм и гистограмм. Графики функций одной переменной в линейном, полулогарифмическом и логарифмическом масштабе. Изменение свойств линий на графике: тип линии, маркеры, цвет. Оформление графиков (координатная сетка, метки, подписи). Графики параметрических и кусочно-заданных функций. Графики функций двух переменных. Построение поверхностей с помощью функций mesh, surf. Линии уровня (contour3). Цветовое оформление поверхностей (colormap). Добавление формул в графическом окне в формате TeX. Поворот трехмерных поверхностей, изменение точки обзора. Построение параметрически заданных поверхностей и линий в трехмерном пространстве. Работа с несколькими графиками. Вывод графиков в отдельные окна и подокна. Вывод нескольких графиков на одни оси. Экспорт графиков в векторные и растровые форматы. [6, гл. 3, 7, гл. 7]

## **7. Основы программирования в среде Matlab.**

Файлы исходного кода (m-файлы). Редактор исходного кода. Настройка редактора кода. Типы m-файлов. Установка путей. Задание пользовательских функций с помощью m-файлов. Подфункции и вложенные функции. Глобальные переменные. Управляющие конструкции языка программирования MATLAB. Операторы цикла. Операторы ветвления. Логические операторы. [6, гл. 5, 7; 7, гл. 2]

## 8. Работа со строками

Ввод и конкатенация строк. Вспомогательные функции для работы со строками. Массивы строк. Работа с текстовыми файлами. Открытие-закрытие текстового файла, ввод-вывод данных. Форматный ввод-вывод. [6, гл. 8]

## 9. Тип данных структура.

Создание структуры. Работа с полями. Массивы структур. Доступ к полям структур в массиве. Создание пользовательских функций для работы с массивами структур. Файлы текстового формата с массивами структур: чтение и запись. [6, гл. 8]

### Пример вариантов для контрольной работы

#### Вариант 1

1. Переставить элементы вектора в обратном порядке, используя индексацию подходящим вектором, и записать результат в новый вектор
2. Найти сумму только положительных элементов вектора
3. Заменить все минимальные элементы вектора максимальным значением его элементов
4. Задайте переменные  $x$  и  $y$  и вычислите значения приведенных арифметических выражений. Выведите результат в различных форматах и сохраните полученные значения в файле.
5. Переставьте столбцы матрицы в порядке возрастания суммы элементов столбца
6. Определите максимальный столбцовый и строчный индексы отрицательных элементов матрицы
7. Визуализируйте функцию двух переменных на прямоугольной области определения
8. Напишите и выполните файл-программу построения графиков указанных функций с заголовком, подписями к осям, сеткой. Используйте разные типы линий и маркеров. Для вычисления значений функций создайте файл-функцию
9. Напишите файл-функцию для решения поставленной задачи: там, где это возможно, предложите два решения: с использованием конструкций языка программирования и без них.

#### Вариант 2

1. Выделить в новый вектор элементы вектора с четными номерами
2. Заменить элементы вектора, отличающиеся от среднего геометрического его элементов более чем на 10%, на среднее геометрическое
3. Найти число положительных и отрицательных элементов вектора
4. Задана квадратная матрица. Вычислите требуемые в задании нормы матрицы
5. Найдите сумму всех положительных элементов матрицы
6. Считайте матрицу из текстового файла, замените в ней все элементы, большие среднего арифметического всех ее элементов, на среднее арифметическое, полученный результат запишите в файл.
7. Постройте графики заданных функций одной переменной, выведите их различными способами: в отдельные графические окна; в одно окно на одни оси; в одно окно на отдельные оси. Дайте заголовки, разместите подписи к осям, легенду, используйте различные цвета, стили линий и типы маркеров, нанесите сетку. Нарисуйте часть графика для отрицательных значений функции синим цветом, а для положительных — красным.
8. Напишите и выполните файл-программу построения графиков указанных функций с заголовком, подписями к осям, сеткой. Используйте разные типы линий и маркеров. Для вычисления значений функций создайте файл-функцию
9. Напишите файл-функцию для решения следующих задач: по заданному вектору определить номер его элемента с наибольшим отклонением от среднего

арифметического всех элементов вектора; вычислить сумму всех элементов вектора с нечетными индексами; найти максимальное значение среди диагональных элементов заданной матрицы; переставить первый столбец квадратной матрицы с ее диагональю; просуммировать все внедиагональные элементы заданной матрицы

### Вопросы к зачету

1. Способы задания математических выражений в Matlab
2. Числовые форматы в Matlab
3. Способы задания матриц в Matlab, операции с матрицами.
4. Доступ к элементам матриц.
5. Работа с редактором m-файлов.
6. Команды работы с графикой.
7. Встроенные математические функции Matlab.
8. Логические операции.
9. Структуры и массивы структур.
10. Как производятся простейшие вычисления в командном окне Matlab?
11. Основные компоненты рабочей среды Matlab.
12. Работа с командной строкой Matlab.
13. Форматы вывода действительных чисел.
14. Элементарные математические функции в Matlab.
15. Использование переменных в математических выражениях.
16. Методы сохранения рабочей среды Matlab
17. Способы задания числовых массивов (матриц) в Matlab.
18. Основные операции на матрицами в Matlab.
19. Типизация числовых объектов в Matlab.
20. Обращение к элементам матриц.
21. Функции обработки данных для массивов.
22. Поэлементные операции над массивами.
23. Построение графиков функций одной переменной
24. Скалярное, векторное и смешанное произведение векторов.
25. Решение систем линейных уравнений.
26. Ввод-вывод матричных объектов в текстовые файлы.
27. Построение диаграмм и гистограмм для векторных данных.
28. Линейный, логарифмический и полулогарифмический масштаб для графиков функций.
29. Настройка параметров графиков.
30. Трехмерные графики функций.
31. Работа с m-файлами исходного кода.
32. Задание пользовательских функций с помощью m-файлов.
33. Операторы цикла языка Matlab
34. Операторы ветвления языка Matlab
35. Работа со строками в Matlab.
36. Структуры и массивы структур.

## ***Часть 2. Имитационное моделирование в экономике***

### План самостоятельной работы

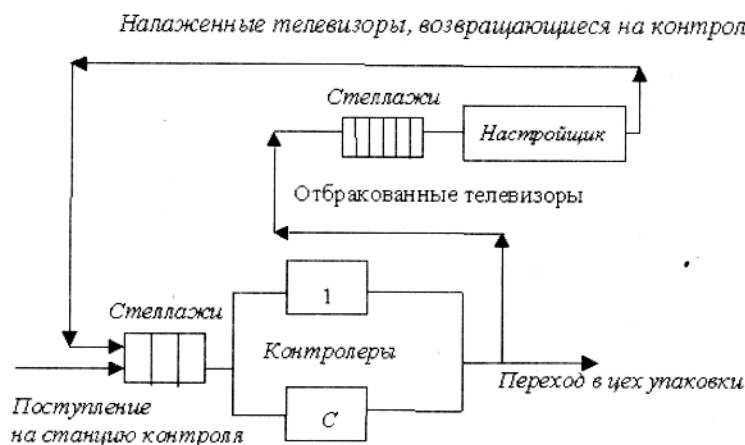
1. Понятие имитационного моделирования. Системы, модели. Дискретно-событийное моделирование. [1, 1.1-1.3]
2. Моделирование СМО с одним устройством обслуживания. Моделирование системы управления запасами [1, 1.4-1.5]
3. Программное обеспечение имитационного моделирования [1, Гл. 3]

4. Методы создания имитационных моделей. Определение детализации. Процедуры сравнения модельных и системных выходных данных. [1, Гл. 5, ]
5. Основные распределения вероятностей в имитационных моделях. Непрерывные, дискретные и эмпирические распределения. Модели процессов поступления требований. [1, 6.2, 6.4-6.6, ]
6. Генераторы случайных чисел. Линейные конгруэнтные генераторы. Тестирование генераторов случайных чисел. [1, 7.2, 7.3, 7.4]
7. Генерирование случайных величин. Обратное преобразование, композиция, свертка, принятие отклонение. [1, 8.2]
8. Генерирование непрерывных случайных величин. Равномерное распределение. Экспоненциальное распределение. Нормальное распределение. Логнормальное распределение. [1, 8.3]
9. Генерирование дискретных распределений. Распределение Бернулли. Дискретное равномерное распределение. Распределение Пуассона. [1, 8.4]
10. Генерирование процессов поступления. Пуассоновские процессы. Нестационарный Пуассоновский процесс. [1, 8.6]
11. Анализ выходных данных для автономной системы. [1, Гл. 9]

### Пример вариантов для контрольной работы

#### Вариант 1

Собранные телевизоры проходят серию испытаний на станции технического контроля. Если оказывается, что функционирование телевизора ненормально, то отбракованный телевизор передают в цех наладки, где заменяют неисправные блоки. После наладки телевизор возвращают на станцию контроля и снова проверяют. Со станции технического контроля телевизоры после одной или нескольких проверок поступают в цех упаковки.



Телевизоры попадают на станцию технического контроля каждые  $A \pm B$  минут. На станции работают  $C$  контролеров одинаковой квалификации. Операция контроля одного телевизора состоит из двух проверок:

- 1) для первой проверки каждому контролеру необходимо  $D \pm E$  минут;
- 2) для второй проверки на всех  $C$  контролеров имеется один тестовый прибор (продолжительность тестирования –  $F$  минут).

Приблизительно  $G$  процентов телевизоров успешно проходят проверку и попадают в цех упаковки,  $A$  другие  $K$  процентов – в цех наладки, в котором находится один рабочий – наладчик. Время наладки (замены) неисправных блоков распределено в соответствии с равномерным законом в интервале  $N \pm M$  минут.

Написать на GPSS модель функционирования этого параграфа производственной линии. Время моделирования – 8 ч.

**Определить**, сколько мест на стеллажах необходимо предусмотреть на входе станции контроля и в цехе наладки. В табл. 7.2 приведены варианты заданий и значения параметров.

## Вариант 2

В компьютерной сети издательского дома используются два сетевых высокопроизводительных принтера: цветной и черно-белый, которые подключены к одному принт-серверу. От сотрудников на печать поступает пуассоновский поток документов с интенсивностью  $N$  документов/мин. Количество страниц в документах имеет нормальное распределение с математическим ожиданием  $m$  и среднеквадратичным отклонением  $\sigma$  ( $\neq 1$ ) (объем страниц имеет экспоненциальное распределение со средним значением  $a$  Кб), причем с вероятностью  $p_1$  эти документы предназначены для распечатки на черно-белом принтере и с вероятностью  $(1 - p_1)$  – на цветном.

Сначала документы обрабатываются на принт-сервере и становятся в его очередь, размер которой равен  $P$  Мб. При превышении этого числа принт-сервер приостанавливает прием документов на обработку и возвращает отправителям сообщение об ошибке. Время печати одной страницы имеет экспоненциальное распределение со средним значением  $b$  минут для черно-белой печати и  $c$  минут – для цветной.

Промоделировать работу печатной системы издательского дома на протяжении  $R$  часов.

**Оценить** время, проходящее от отправки документа на печать до окончания печати.

**Определить**, на сколько надо изменить размеры очереди принт-сервера, чтобы сотрудники не получали соответствующих сообщений об ошибках.

Параметры задать самостоятельно.

## Типы заданий для самостоятельной работы

1. Написание пользовательских функций в системе Matlab
2. Построение имитационных моделей в среде GPSS

## Контрольные вопросы для отчета по лабораторным работам

1. Назовите основные группы блоков библиотеки SIMULINK
2. Характеристика блоков типа Sources (источники)
3. Характеристика блоков типа Sinks (получатели)
4. Характеристика блоков типа Discrete (Дискретные элементы)
5. Характеристика блоков типа Linear (Линейные элементы)
6. Характеристика блоков типа Nonlinear (Нелинейные элементы)
7. Характеристика блоков типа Connections (Соединительные узлы)
8. Создание SIMULINK модели с помощью визуального редактора
9. Какие блоки можно использовать для генерации случайных событий?
10. Как задается закон распределения случайной величины, генерируемый соответствующим блоком SIMULINK?
11. Как осуществляется управление временем в SIMULINK моделях?
12. Как осуществляется управление потоком событий (модельным временем) в SIMULINK?
13. Средства синхронизации в SIMULINK

## Вопросы к зачету

1. Имитационное моделирование. Основные понятия.
2. Классификационные признаки видов моделирования. Детерминированное и стохастическое моделирование. Статика и динамика систем. Дискретные и непрерывные модели.
3. Особенности аналитического и имитационного моделирования.



4. Математические схемы моделирования систем. Непрерывно-детерминированные модели. Дискретно-стохастические модели. Математические схемы систем массового обслуживания.
5. Инструментальные средства имитационного моделирования. Языки и интегрированные среды для моделирования
6. Инструментальные средства моделирования непрерывно детерминированных систем.
7. Потокоские диаграммы и их элементы.
8. Примеры поведения систем. Примеры имитационных моделей непрерывно детерминированных систем:
9. Модель управления запасами.
10. Модель сбыта продукции.
11. Модель Харода - Домара.
12. Имитационное моделирование случайных процессов и величин.
13. Генерирование псевдослучайных чисел: метод срединных квадратов, мультипликативный конгруэнтный метод, смешанный конгруэнтный метод.
14. Критерии, предъявляемые к датчикам случайных величин.
15. Критерий равномерности, серий, интервалов, разбиений.
16. Критерий собирания купонов, перестановок, монотонности.
17. Критерии конфликтов, сериальной корреляции, спектральный критерий..
18. Генерация случайных событий.
19. Генерирование случайных чисел с заданным законом распределения.
20. Генерирование случайных чисел с экспоненциальным распределением на основе равномерного закона.
21. Генерация непрерывных случайных величин методом обратной функции.
22. Генерирование случайных чисел, распределенных по закону Пуассона на основе экспоненциального распределения.
23. Генерация случайных величин, заданных гистограммой.
24. Метод суперпозиции.
25. Генерирование случайных чисел, распределенных по нормальному закону
26. Метод отбора.
27. Моделирование дискретных цепей Маркова с дискретным и непрерывным
28. временем.
29. Типовые системы массового обслуживания. Примеры СМО
30. Потоки и задержки. Однородный и неоднородный поток событий. Прибор обслуживания заявок как элементарный блок в имитационном моделировании экономических процессов.
31. Варианты моделей систем обслуживания: однородные и неоднородные потоки заявок, кольцевая система очередей, статический и динамический и абсолютный приоритеты, моделирование процессов обслуживания заявок в условиях отказов, моделирование сетей обслуживания.
32. Язык моделирования GPSS. Основные понятия. Блоки ввода, удаления и задержки транзактов.
33. Язык моделирования GPSS. Элементы символизирующие обслуживающие приборы.
34. Язык моделирования GPSS. Блоки сбора статистики.
35. Язык моделирования GPSS. Элементы символизирующие многоканальные устройства.
36. Язык моделирования GPSS. Технология моделирования, примеры создания имитационных моделей.
37. Язык моделирования Arena. Технология моделирования, примеры создания имитационных моделей.
38. Оценка вероятностных характеристик и определение точности результатов статистического моделирования.
39. Статистические методы обработки результатов моделирования систем.
40. Задача планирования экспериментов с имитационной моделью на ЭВМ.



41. Стратегическое планирование машинных экспериментов с моделями систем. Этапы стратегического планирования: построение структурной и функциональной моделей.
42. Тактическое планирование машинных экспериментов с моделями систем

### **Часть 3. Методы оптимизации**

При изучении дисциплины «Методы оптимизации» предусмотрены следующие виды самостоятельной работы:

- a. изучение теоретического материала по конспектам лекций и пособиям;
- b. решение задач по темам практических занятий;
- c. выполнение контрольных работ

#### **План самостоятельной работы**

1. Линейное программирование: примеры задач ЛП, формы записи задач ЛП, симплекс-метод, теоремы Данцига, двойственная задача ЛП, теоремы двойственности ([4, гл.4, п.п. 4.1-4.6],[2, гл.1]).
2. Выпуклый анализ: свойства выпуклых множеств и функций, свойства выпуклых конусов, специальные выпуклые функции, понятие субдифференциала выпуклой функции и элементы субдифференциального исчисления ([2, гл.3], [1б, гл.1], [4б, гл.1]).
3. Выпуклое программирование: критерий решения общей задачи выпуклого программирования, теорема Куна-Таккера, теорема о седловой точке (4, гл.5], [5б, гл.4]).
4. Минимизация функций одной переменной: метод деления отрезка пополам, метод золотого сечения, метод касательных ([2, гл.1], [2б, гл.1], [3б, гл.1]).
5. Минимизация функций многих переменных: метод покоординатного спуска, метод наискорейшего спуска, градиентный метод, метод Келли ([2, гл.4], [2б, гл.3], [4б, гл.3]).
6. Минимизация при наличии ограничений: метод проекции градиента, метод условного градиента, метод случайного поиска ([2, гл.5], [2в, гл.4], [3б, гл.3]).
7. Элементы вариационного исчисления: простейшая задача вариационного исчисления, лемма Дюбуа-Реймона, теорема Эйлера, изопериметрическая задача ([2, гл.6], [2б, гл.7], [3б, гл.6]).

#### **Тип заданий для самостоятельной работы**

- a. сведение одной формы записи задачи ЛП к другой, эквивалентной исходной; решение задачи ЛП геометрическим путем;
- b. отыскание начального базисного плана, переход от одного базисного плана к другому в соответствии с симплекс-методом, построение двойственной задачи ЛП;
- c. исследование на выпуклость множеств и функций, заданных через функциональные соотношения, отыскание субдифференциалов выпуклых конечных функций;
- d. решение задач выпуклого программирования с помощью теоремы Куна-Таккера и теоремы о седловой точке;
- e. решение примеров на реализацию численных методов оптимизации для конкретных задач;
- f. решение простейшей задачи вариационного исчисления с помощью теоремы Эйлера

#### **Пример вариантов для контрольных работ**

**Тема:** «Линейное программирование»

### Вариант №1

1. Привести к канонической форме задачу:

$$x_1 + x_2 \rightarrow \max, \\ x_1 - x_2 \leq 1, \quad 2x_1 + x_2 = 2, \quad x_1 \geq 0$$

2. Привести значения параметров  $p$  и  $q$ , при которых задача

$$3x_1 + 5x_2 \rightarrow \max, \\ x_1 + px_2 \leq 1, \quad x_1 - x_2 \geq q, \quad x_1 \geq 0$$

- а) имеет пустое допустимое множество,  
б) имеет неограниченное оптимальное значение целевой функции,  
в) имеет единственное решение,  
г) имеет бесконечно много решений.

3. Найти все базисы вершины  $x = (0, 1, 0, 1, 0, 0)$  в полиэдре

$$4x_1 + 7x_2 + 2x_3 - 3x_4 + x_5 + 4x_6 = 4 \\ -x_1 - 2x_2 + x_3 + x_4 - x_6 = -1 \\ x_2 - 3x_3 - x_4 - x_5 + 2x_6 = 0 \\ x_j \geq 0, \quad j = \overline{1, 6}$$

### Вариант №2

- 1) Используя геометрические построения решить задачу ЛП:

$$x_1 + 2x_2 \rightarrow \max, \\ 3x_1 - 2x_2 \leq 6, \quad -x_1 + 2x_2 \leq 4, \quad 3x_1 + 2x_2 \leq 12, \quad x_1 \geq 0$$

- 2) Найти все значения параметра  $k$ , при которых точка  $x = (4, -3)$  является решением задачи

$$kx_1 - (2-k)2x_2 \rightarrow \max, \\ 4x_1 + 3x_2 \leq 0, \quad 2x_1 + 3x_2 \leq 7, \quad x_1 + x_2 \leq 1$$

- 3) Построить задачу ЛП двойственную к задаче

$$3x_1 - 2x_3 + x_4 \rightarrow \min, \\ -x_1 + x_3 - x_4 = 5, \quad 2x_1 + x_2 - 2x_3 + 2x_4 \leq 7, \quad x_j \geq 0, \quad j = \overline{1, 4}$$

## **Тема «Выпуклый анализ и выпуклое программирование»**

### Вариант №1

- 1) При каких значениях параметра  $\alpha$  множество  $D$ , являющееся совокупностью точек  $(x_1, x_2)$  на плоскости, удовлетворяющих неравенству  $e^{x_1}(\alpha^2 - 5\lambda + 6) - x_2(\alpha^2 + 2) \leq 0$ , будет выпуклым.
- 2) Доказать, что дополнение  $R^n \setminus D$  выпуклого и ограниченного множества  $D$  является невыпуклым.
- 3) Доказать, что угловая точка выпуклого множества является его граничной точкой.
- 4) Доказать, что выпуклая функция  $f(x)$  на выпуклом множестве  $R^n \subset D$ , отличная от постоянной, не может достигать своей грани внутри  $D$ .
- 5) Решить задачу графически и обосновать решение с помощью теоремы Куна-Таккера
- $$(x_1^2 - 2)^2 + (x_2 - 3)^2 \rightarrow \min \\ x_1 + 2x_2 \leq 12, \quad x_1 + x_2 \leq 9, \quad x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0$$

### Вариант №2

- 1) Является ли выпуклым множеством  $D \subset R^2$ , определяемое совокупностью точек  $(x_1, x_2)$ , удовлетворяющих соотношениям
- $$x_1^2 + 2x_2^2 = 1, \quad x_1^2 + (x_2 - 2)^2 = 1, \quad x_2 \geq 0$$

- 2) Доказать, что если в некоторой граничной точке  $x_0$  выпуклого множества  $D$  существует две различные опорные гиперплоскости, то их существует бесконечно много.
- 3) Доказать, что если  $f_1(x)$  и  $f_2(x)$  – выпуклые функции на выпуклом множестве  $D$ , то функция  $f_3(x) = \max \{f_1(x), f_2(x)\}$  выпукла на  $D$ .
- 4) Исследовать на выпуклость функцию
 
$$f(x_1, x_2, x_3) = 5x_1^4 + x_2^6 + x_3^2 - 13x_1 + 7x_3 - 8$$
- 5) Найти расстояние от начала координат на плоскости до множества  $D$ , заданного совокупностью точек  $x = (x_1, x_2)$ , удовлетворяющих неравенствам  $x_1 + x_2 \geq 4$ ,  $2x_1 + x_2 \geq 5$  с помощью теоремы Куна-Таккера

### Вопросы к экзамену

1. Постановка и формы записи задач линейного программирования, приемы сведения одной формы к другой.
2. Симплекс-метод: понятие базисного плана и его базиса, описание итерации симплекс-метода.
3. Теоремы Данцига, возможные ситуации перехода к очередному базисному плану.
4. Правило Блэнда устранения заикливания, связь между старыми и новыми параметрами замещения, симплекс-таблица, построение исходного базисного плана.
5. Двойственная задача линейного программирования, теоремы двойственности, экономическая интерпретация двойственной задачи.
6. Выпуклые множества, теорема о проекции на выпуклое множество, теорема Каратеодори, теоремы отделимости.
7. Выпуклые конусы, сопряженный конус, теорема Милютина-Дубовицкого.
8. Выпуклые функции, теорема Иенсина, непрерывность и дифференцируемость по направлениям выпуклой конечной функции.
9. Функция Минковского, опорная функция множества, индикаторная функция.
10. Субдифференциал выпуклой функции, субдифференциал суммы и максимума от выпуклых функций.
11. Основная задача выпуклого программирования, условие Слейтера, функция Лагранжа, теорема Куна-Таккера, теорема о седловой точке.
12. Минимизация функций одного переменного: метод деления отрезка пополам, метод золотого сечения, метод касательных.
13. Метод покоординатного спуска, градиентный метод, метод Келли.
14. Метод проекции градиента, метод условного градиента, метод Ньютона.
15. Метод штрафных функций, метод барьерных функций.
16. Простейшая задача вариационного исчисления, слабый локальный минимум, лемма Дюбуа-Реймона, теорема Эйлера.
17. Задача вариационного исчисления с функционалом, зависящим от производных более высокого порядка, изопериметрическая задача

\.

Текущий контроль осуществляется в ходе учебного процесса и консультирования студентов по результатам выполнения самостоятельных работ.

Основными формами являются:

- обсуждение вынесенных в план самостоятельной работы вопросов,
- решение на практических занятиях задач и их обсуждение,
- выполнение контрольных заданий и обсуждение результатов.

### **Часть 4. Эконометрика**

#### **План самостоятельной работы**

Тема 1. Модель парной регрессии. Метод наименьших квадратов ([4], гл.1, п.1-3; [Зв], гл.1)

Метод наименьших квадратов. Нахождение оценок коэффициентов. Оценка дисперсии ошибок. Доверительные интервалы для коэффициентов регрессии. Дисперсионный анализ в регрессии.

Тема 2. Классическая линейная модель множественной регрессии ([4], гл.2, п.1-2; [Зв], гл.2)

Основные гипотезы. Метод наименьших квадратов. Теорема Гаусса-Маркова. Статистические свойства МНК-оценок. Проверка значимости коэффициентов регрессии. Доверительные интервалы и доверительные области. Проверка значимости уравнения регрессии. Разложение сумм квадратов. F-критерий. Коэффициент детерминации.

Тема 3. Нелинейные модели регрессии и их линеаризация ([4], гл.3, п.1-3; [Зв], гл.3)

Виды нелинейных зависимостей, поддающиеся непосредственной линеаризации. Преобразования переменных. Логарифмическая и полулוגарифмическая модель. Оценивание эластичностей

Тема 4. Обобщенная линейная модель с гетероскедастичными остатками ([4], гл.4, п.1-3 [Зв], гл.4)

Обобщенная линейная модель с гетероскедастичными остатками и ее характеристики. Тесты на гетероскедастичность.. Оценивание в условиях гетероскедастичности. Обобщенный метод наименьших квадратов (ОМНК). Сравнение МНК - и ОМНК - оценок. Доступный обобщенный метод наименьших квадратов. Модель регрессии с автокоррелированными остатками.

Тема 5. Модели временных рядов. ([4], гл.5, п.1-3; [Зв], гл.5)

Статистические модели временных рядов и их классификация. Методы исследования структуры стационарного временного ряда. Использование графиков коррелограммы и частной автокорреляционной функции для определения стационарности временного ряда. Линейные модели стационарных временных рядов. Модель авторегрессии порядка 1 (AR(1) - модели). Модель авторегрессии порядка p (AR(p) - модели). Модель скользящего среднего порядка 1 (СС(1)-модель).

### ***Примеры контрольных работ***

#### **Контрольная работа №1**

##### **Варианты 1-15**

В файле Market.xls содержатся сведения о месячной доходности ценных бумаг компаний США с января 1976 по декабрь 1987 года.

Номер варианта	Переменная	Компания
1.	MARKET	Доходность рынка по всем акциям Нью-йоркской фондовой биржи
2.	RKFREE	30 –дневные государственные облигации США
3.	MOBIL	Mobil
4.	TEXACO	Texaco
5.	DELTA	Delta
6.	PANAM	Pan American Airways
7.	CITCRP	Citycorp
8.	CONED	Consolidated Edison
9.	DATGEN	Data General
10.	DEC	DEC

11.	GENMIL	General Mills
12.	IBM	IBM
13.	GERBER	Gerber
14.	MOTOR	Motorola
15.	TANDY	Tandy

1. Выберите компанию согласно своему варианту. Рассчитайте премию за риск для этой компании ( $r_i - r_0$ ), и всего рынка ( $r_p - r_0$ ). Для построенных рядов найдите среднее значение и среднеквадратическое отклонение. Постройте диаграмму рассеивания. Найдите, величину Beta – коэффициента.
2. Найдите оценки коэффициентов уравнения регрессии методом наименьших квадратов

$$(r_i - r_0) = a_i + \beta_i (r_p - r_0) + \varepsilon_i.$$

3. Проверьте гипотезу  $H_0: a_i = 0$ .
4. Постройте 95% доверительный интервал для  $\beta_i$
5. Проверьте гипотезу  $H_0: \beta_i = 0$ .
6. Проверьте гипотезу  $H_0: \beta_i = 1$ , против  $H_1: \beta_i \neq 1$ .

### Контрольная работа №2

#### Тема: Нелинейные регрессионные модели и их линейаризация

В таблице приведены данные о потребление бензина в США в 1960 – 1986 гг.

G - потребление бензина, USD / индекс цен;

Pg - индекс цен на бензин;

Y – доходы на душу населения (реальные доходы после вычета налогов);

Pnc – индекс цен на новые автомобили;

Puc - индекс цен на подержанные автомобили;

Pps - индекс цен на услуги общественного транспорта;

Pd - индекс цен на товары длительного пользования;

Pn - индекс цен на товары повседневного спроса.

Year	G	Pg	Y	Pnc	Puc	Pps	Pd	Pn
1960	129.7	.925	6036	1.045	.836	.810	.444	.331
1961	131.3	.914	6113	1.045	.869	.846	.448	.335
1962	137.1	.919	6271	1.041	.948	.874	.457	.338
1963	141.6	.918	6378	1.035	.960	.885	.463	.343
1964	148.8	.914	6727	1.032	1.001	.901	.470	.347
1965	155.9	.949	7027	1.009	.994	.919	.471	.353
1966	164.9	.970	7280	.991	.970	.952	.475	.366
1967	171.0	1.000	7513	1.000	1.000	1.000	.483	.375
1968	183.4	1.014	7728	1.028	1.028	1.046	.501	.390
1969	195.8	1.047	7891	1.044	1.031	1.127	.514	.409
1970	207.4	1.056	8134	1.076	1.043	1.285	.527	.427
1971	218.3	1.063	8322	1.120	1.102	1.377	.547	.442
1972	226.8	1.076	8562	1.110	1.105	1.434	.555	.458
1973	237.9	1.181	9042	1.111	1.176	1.448	.566	.497
1974	225.8	1.599	8867	1.175	1.226	1.480	.604	.572
1975	232.4	1.708	8944	1.276	1.464	1.586	.659	.615
1976	241.7	1.779	9175	1.357	1.679	1.742	.695	.638
1977	249.2	1.882	9381	1.429	1.828	1.824	.727	.671
1978	261.3	1.963	9735	1.538	1.865	1.878	.769	.719
1979	248.9	2.656	9829	1.660	2.010	2.003	.821	.800
1980	226.8	3.691	9722	1.793	2.081	2.516	.892	.894

1981	225.6	4.109	9769	1.902	2.569	3.120	.957	.969
1982	228.8	3.894	9725	1.976	2.964	3.460	1.000	1.000
1983	239.6	3.764	9930	2.026	3.297	3.626	1.041	1.021
1984	244.7	3.707	10421	2.085	3.757	3.852	1.038	1.050
1985	245.8	3.738	10563	2.152	3.797	4.028	1.045	1.075
1986	269.4	2.921	10780	2.240	3.632	4.264	1.053	1.069

1. Оцените параметры уравнения регрессии  $G$  от всех оставшихся независимых переменных, включая линейный тренд. Совпадают ли знаки коэффициентов с вашими ожиданиями?

2. Проверьте гипотезу, что по крайней мере в отношении спроса на бензин, потребители одинаково реагируют на изменения в ценах новых и подержанных автомобилей.

3. Оцените эластичность спроса по цене на бензин, эластичность спроса по доходу, и перекрестную эластичность относительно изменений в цене общественного транспорта.<sup>1</sup>

4. Найдите логарифмы переменных. Как вычисляются эластичности в этом случае? Повторите пп. 1-2 для логарифмической спецификации модели. Сравните с результатами предыдущей регрессии. Какую из спецификаций Вы выберете?

5. Заметьте, что для индексов цен автомобильного рынка базисным годом является 1967 год, а для остальных - 1982 году. Влияет ли это на результаты? Как?

Как изменятся результаты, если преобразовать индексы так, чтобы они были равны 1.000 в 1982 году?

### Контрольная работа №3

Тема: Обобщенная линейная модель с гетероскедастичными остатками

Данные включают 35 наблюдений (см. таблицу)

1. Постройте линейную регрессионную модель
2. Найдите прогнозные значения
3. Найдите остатки. Проанализируйте графики остатков. Можно ли считать дисперсию ошибок постоянной?
4. Найдите оценки стандартных ошибок коэффициентов в форме Уайта.
5. Предположим, что ошибки связаны с независимой переменной соотношением  $e = \sqrt{1.52329 - 0.7334 * x + 0.0883 * x * x}$
6. Оцените исходное уравнение ( $Y$  от  $X$ ) взвешенным методом наименьших квадратов
7. Вычислите логарифм абсолютных величин остатков. Рассмотрите зависимость логарифма абсолютных величин остатков от переменной  $X$ . Подберите наиболее подходящую функциональную форму
8. Найдите оценки стандартных отклонений ошибок. Оцените исходное уравнение ( $Y$  от  $X$ ) взвешенным методом наименьших квадратов

X	Y
1.15	0.99
1.90	0.98
3.00	2.60
3.00	2.67
3.00	2.66
3.00	2.78
3.00	2.80
5.34	5.92
5.38	5.35
5.40	4.33
5.40	4.89

<sup>1</sup> Напомним, что эластичность  $y$  по  $x$  - это  $x/y dy/dx$  или  $d[\log y]/d[\log x]$ . Она показывает, на сколько процентов изменяется  $y$ , если  $x$  увеличивается на 1%.

5.45	5.21
7.70	7.68
7.80	9.81
7.81	6.52
7.85	9.71
7.87	9.82
7.91	9.81
7.94	8.50
9.03	9.47
9.07	11.45
9.11	12.14
9.14	11.50
9.16	10.65
9.37	10.64
10.17	9.78
10.18	12.39
10.22	11.03
10.22	8.00
10.22	11.90
10.18	8.68
10.50	7.25
10.23	13.46
10.03	10.19
10.23	9.93

**Примеры тестовых заданий для самостоятельной работы**

1. Выделите условия Гаусса-Маркова из ниже перечисленных:  
 дисперсия случайного члена постоянна для всех наблюдений  
 в любых двух наблюдениях не должно быть систематической связи между значениями случайного члена  
 случайный член должен иметь постоянное ненулевое математическое ожидание

2. Какие из указанных уравнений соответствуют модели линейной регрессии  
 $y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon$   
 $y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + \varepsilon$   
 $\ln y = \beta_0 + \beta_1 \ln x + \varepsilon$   
 $\ln y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon$   
 $y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon$

3. Какие из указанных уравнений поддаются непосредственной линеаризации  
 $y = AK^a L^b \varepsilon$   
 $y = AK^a L^b + \varepsilon$   
 $y = 1 / (\beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon)$   
 $y = 1 / (\beta_0 + \beta_1 x) + \varepsilon$

4. Укажите интерпретацию коэффициентов регрессии для следующих моделей

Линейная	
Логарифмическая	
Полулогарифмическая	

5. Каково среднее значение остатков модели?  
равно значению оценки дисперсии регрессии  
равно нулю
6. Значение t-статистики коэффициента, не превышающее критическое значение свидетельствует об:  
неправильном вычислении коэффициента  
незначимости коэффициента в модели  
гетероскедастичности в модели
7. Укажите признаки стационарности временного ряда:
8. Укажите свойства автокорреляционной и частной автокорреляционной функции если во временном ряде присутствует линейный тренд

АКФ	
ЧАКФ	

9. По 20 наблюдениям получены следующие коэффициенты регрессии. Заполните пропущенные ячейки таблицы. Проверьте значимость коэффициентов регрессии на 5% уровне значимости. Укажите границы 95% доверительного интервала для коэффициентов регрессии.

	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	Границы 95% доверительного интервала
Y-пересечение	0.60	0.53		
x1	-0.48	0.04		
x2	0.74	0.32		

10. По 50 наблюдениям получены следующие коэффициенты регрессии. Заполните пропущенные ячейки таблицы. Проверьте значимость коэффициентов регрессии на 5% уровне значимости. Укажите границы 95% доверительного интервала для коэффициентов регрессии.

	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	Границы 95% доверительного интервала
Y-пересечение	3.08	1.72		
x1	-1.64	0.21		
x2	2.87	0.70		

11. Заполните пропущенные ячейки таблицы. Проверьте значимость уравнения регрессии на 5% уровне значимости. Найдите значения коэффициента детерминации  $R^2$ .

Дисперсионный анализ				
Компоненты дисперсии	df	SS	MS	F
Регрессии	2	158.6		
Остатков	17	22.2		x
Общая	19	180.8	x	x

$R^2 =$  \_\_\_\_\_



12. Заполните пропущенные ячейки таблицы. Проверьте значимость уравнения регрессии на 5% уровне значимости. Найдите значения коэффициента детерминации  $R^2$ .

Дисперсионный анализ				
Компоненты дисперсии	df	SS	MS	F
Регрессии	2			
Остатков		22.2		x
Общая	24	180.8	x	x

$R^2 =$  \_\_\_\_\_

13. Заполните пропущенные ячейки таблицы. Проверьте значимость уравнения регрессии на 5% уровне значимости. Найдите значения коэффициента детерминации  $R^2$ .

Дисперсионный анализ				
Компоненты дисперсии	df	SS	MS	F
Регрессии	2			x
Остатков		22.2		x
Общая	24	180.8	x	x

$R^2 =$  \_\_\_\_\_

14. Укажите свойства автокорреляционной и частной автокорреляционной функции для процесса авторегрессии первого порядка AR(1)

АКФ	
ЧАКФ	

15. Укажите свойства автокорреляционной и частной автокорреляционной функции для процесса скользящего среднего первого порядка MA(1)

АКФ	
ЧАКФ	

16. Укажите свойства автокорреляционной и частной автокорреляционной функции для процесса авторегрессии - скользящего среднего ARMA(1,1)

АКФ	
ЧАКФ	

17. Укажите свойства автокорреляционной и частной автокорреляционной функции для процесса авторегрессии p-го порядка AR(p)

АКФ	
ЧАКФ	

18. Укажите свойства автокорреляционной и частной автокорреляционной функции для процесса скользящего среднего q-го порядка MA(q)

АКФ	
ЧАКФ	

--	--

19. Установите соответствие между понятиями и определениями

Мультиколлинеарность	явление, когда существует строгая линейная зависимость между объясняющими переменными
Гетероскедастичность	нестрогая линейная зависимость между объясняющими переменными
Автокорреляция	непостоянство дисперсии случайного члена
Полная коллинеарность	зависимость между случайными членами для различных наблюдений

20. Установите соответствие между понятиями и определениями

Фиктивная переменная	переменная, используемая в регрессии вместо трудноизмеримой, но важной переменной
Лаговая переменная	необходимая по экономическим причинам, но отсутствующая в модели
Отсутствующая переменная	переменная, принимающая в каждом наблюдении только два значения: 1 – «да», 0- «нет»
Замещающая переменная	значение переменной в предшествующий момент времени, используемое как объясняющая переменная

### Вопросы к экзамену

1. Двумерная регрессионная модель. Метод наименьших квадратов
2. Двумерная регрессионная модель. Определение интервальной оценки и проверка значимости коэффициентов регрессии
3. Двумерная регрессионная модель. Определение интервальной оценки для условного математического ожидания
4. Многомерная регрессионная модель. Основные гипотезы. Метод наименьших квадратов. Теорема Гаусса-Маркова
5. Статистические свойства МНК-оценок
6. Проверка значимости уравнения регрессии. Разложение сумм квадратов. F-критерий. Коэффициент детерминации.
7. Проверка гипотез о коэффициентах регрессии
8. Интервальные оценки коэффициентов регрессии
9. Фиктивные переменные.
10. Сравнение «короткой» и «длинной» регрессии
11. Тест Чоу
12. Проверка общей линейной гипотезы
13. Мультиколлинеарность
14. Проверка общей линейной гипотезы.
15. Интерпретация результатов многомерной регрессии. Гетероскедастичность
16. Тесты на гетероскедастичность.
17. Обобщенный метод наименьших квадратов.
18. Оценивание в условиях гетероскедастичности. Доступный обобщенный метод наименьших квадратов.
19. Модель регрессии с автокоррелированными остатками. Проверка гипотезы о наличии / отсутствии автокоррелированности регрессионных остатков (критерий Дарбина - Уотсона).
20. Виды нелинейных зависимостей, поддающиеся непосредственной линеаризации. Преобразования переменных. Логарифмическая и полупологарифмическая модель.
21. Дискретные зависимые переменные и цензурированные выборки
22. Модели бинарного выбора. Логит регрессия. Пробит регрессия.

23. Цензурированные зависимые переменные. Тобит регрессия
24. Линейные модели стационарных временных рядов. Модель авторегрессии 1 порядка
25. Линейные модели стационарных временных рядов. Модель скользящего среднего 1 порядка  $СС(1)$
26. Линейные модели стационарных временных рядов. Модель авторегрессии  $p$  порядка
27. Линейные модели стационарных временных рядов. Модель скользящего среднего  $q$  порядка
28. Комбинированные процессы авторегрессии - скользящего среднего  $АРСС(p,q)$ .
29. Тестирование временного ряда на стационарность, критерий Дики-Фуллера
30. Модель авторегрессии - проинтегрированного скользящего среднего ( $АРПСС(p,d,q)$ ).
31. Нестационарные временные ряды и их статистические модели Модель авторегрессии - проинтегрированного скользящего среднего ( $АРПСС(p,d,q)$ ).

## 7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

**Таблица 1.1.** Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности

<i>Семестр</i>	<i>Лекции</i>	<i>Лабораторные занятия</i>	<i>Практические занятия</i>	<i>Самостоятельная работа</i>	<i>Автоматизированное тестирование</i>	<i>Другие виды учебной деятельности</i>	<i>Промежуточная аттестация</i>	<i>Итого</i>
4	0	0	30	20	0	10	40	100
5	10	15	15	10	0	10	40	100
6	10	25	0	15	0	10	40	100
7	10	25	0	15	0	10	40	100

### Программа оценивания учебной деятельности студента за 4 семестр

#### Лекции

Не предусмотрены.

#### Лабораторные занятия

Не предусмотрены

#### Практические занятия

Контроль выполнения практических заданий в течение 4 семестра - от 0 до 30 баллов. Письменный отчет по практической подготовке. Устный отчет студента включает раскрытие целей и задач практической подготовки, описание выполненной работы с указанием примененных методов и средств, ее количественных и качественных характеристик, выводы.

Анализ результатов практической подготовки проводится по следующим параметрам:

1. объем и качество выполненной работы;
2. качество аналитического отчета, выводов и предложений;
3. соблюдение сроков выполнения работы;
4. самостоятельность, инициативность, творческий подход к работе;
5. своевременность представления и качество отчетной документации.

(от 0 до 25 баллов)

Критерии оценки:

менее 25% – 0 баллов;

от 25% до 50% – 10 баллов;

от 51% до 90% – 20 баллов;

от 91% до 100% – 30 баллов.

### Самостоятельная работа

Контроль за выполнением домашних работ, грамотность в оформлении -от 0 до 20 баллов.

Критерии оценки:

- менее 25% – 0 баллов;
- от 25% до 50% – 5 балла;
- от 51% до 75% – 15 баллов;
- от 76% до 100% – 20 баллов.

### Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено.

### Другие виды учебной деятельности

Контрольная работа: правильность решения и оформление – от 0 до 10 баллов.

Критерии оценки:

- менее 25% – 0 баллов;
- от 25% до 50% – 3 балла;
- от 51% до 75% – 6 баллов;
- от 76% до 100% – 10 баллов.

### Промежуточная аттестация – зачет – от 0 до 40 баллов

При определении разброса баллов при аттестации преподаватель может воспользоваться следующим примером ранжирования:

**33-40 баллов** – ответ на «отлично» /«зачтено»

**25-32 баллов** – ответ на «хорошо» /«зачтено»

**16-24 баллов** – ответ на «удовлетворительно» /«зачтено»

**0-15 баллов** – ответ на «неудовлетворительно» /«не зачтено»

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 4 семестр по дисциплине «Исследование операций» 100 баллов.

**Таблица 2.1 Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Исследование операций» в оценку (зачет):**

50-100 баллов	«зачтено»
0-49 баллов	«не зачтено»

В соответствии с учебным планом, в 4-ом семестре выполняется курсовая работа.

**Таблица 1.1** Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности при выполнении курсовой работы

Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
4	0	0	0	40	0	20	40	100

## Программа оценивания учебной деятельности студента при выполнении курсовой работы в 4 семестре

### Лекции

Не предусмотрены

### Лабораторные занятия

Не предусмотрены

### Практические занятия

Не предусмотрены

### Самостоятельная работа

Контроль за выполнением промежуточных этапов выполнения курсовой работы: поиск источников, составление плана работы, грамотность в оформлении- от 0 до 40 баллов.

Критерии оценки:

- менее 25% – 0 баллов;
- от 25% до 50% – 15 балла;
- от 51% до 75% – 30 баллов;
- от 76% до 100% – 40 баллов.

### Другие виды учебной деятельности

Подбор и решение иллюстрирующих примеров, правильность их решения и оформления от 0 до 20 баллов

### Промежуточная аттестация – зачет – от 0 до 40 баллов

При определении разброса баллов при аттестации преподаватель может воспользоваться следующим примером ранжирования:

**33-40 баллов** – ответ на «отлично»/«зачтено»

**25-32 баллов** – ответ на «хорошо» /«зачтено»

**16-24 баллов** – ответ на «удовлетворительно»/«зачтено»

**0-15 баллов** – ответ на «неудовлетворительно» /«не зачтено»

Таким образом, максимально возможная сумма баллов выполнение курсовой работы составляет 100 баллов.

**Таблица 2.1. Пересчет полученной студентом суммы баллов за курсовую работу в оценку (зачет):**

60-100 баллов	«зачтено»
0-59 баллов	«не зачтено»

## Программа оценивания учебной деятельности студента за 5 семестр

### Лекции

Посещаемость, активность и др. за один семестр – от 0 до 10 баллов.

Критерии оценки:

- менее 25% – 0 баллов;
- от 25% до 50% – 3 балла;
- от 51% до 75% – 6 баллов;
- от 76% до 100% – 10 баллов.

### **Лабораторные занятия**

Контроль выполнения лабораторных заданий в течение одного семестра - от 0 до 15 баллов.

Критерии оценки:

менее 25% – 0 баллов;

от 25% до 50% – 5 баллов;

от 51% до 90% – 10 баллов;

от 91% до 100% – 15 баллов.

### **Практические занятия**

Контроль выполнения практических заданий в течение 5 семестра - от 0 до 15 баллов.

Письменный отчет по практической подготовке. Устный отчет студента включает раскрытие целей и задач практической подготовки, описание выполненной работы с указанием примененных методов и средств, ее количественных и качественных характеристик, выводы.

Анализ результатов практической подготовки проводится по следующим параметрам:

1. объем и качество выполненной работы;
2. качество аналитического отчета, выводов и предложений;
3. соблюдение сроков выполнения работы;
4. самостоятельность, инициативность, творческий подход к работе;
5. своевременность представления и качество отчетной документации.

Критерии оценки:

менее 25% – 0 баллов;

от 25% до 50% – 5 баллов;

от 51% до 90% – 10 баллов;

от 91% до 100% – 15 баллов

### **Самостоятельная работа**

Контроль за выполнением домашних работ, грамотность в оформлении- от 0 до 10 баллов.

Критерии оценки:

менее 25% – 0 баллов;

от 25% до 50% – 5 баллов;

от 51% до 90% – 8 баллов;

от 91% до 100% – 10 баллов.

### **Автоматизированное тестирование**

Не предусмотрено

### **Другие виды учебной деятельности**

Контрольная работа: правильность выполнения и оформления от 0 до 10 баллов

Критерии оценки:

- менее 25% – 0 баллов;
- от 25% до 50% – 3 балла;
- от 51% до 75% – 6 баллов;
- от 76% до 100% – 10 баллов.

### **Промежуточная аттестация – зачет – от 0 до 40 баллов**

При определении разброса баллов при аттестации преподаватель может воспользоваться следующим примером ранжирования:

**33-40 баллов** – ответ на «отлично»/«зачтено»

**25-32 баллов** – ответ на «хорошо» /«зачтено»

**16-24 баллов** – ответ на «удовлетворительно»/«зачтено»

**0-15 баллов** – ответ на «неудовлетворительно» /«не зачтено»

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за 5 семестр по дисциплине «Исследование операций» составляет 100 баллов.

**Таблица 2.1. Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Исследование операций» в оценку (зачет):**

50-100 баллов	«зачтено»
0-49 баллов	«не зачтено»

### **Программа оценивания учебной деятельности студента за 6 семестр**

#### **Лекции**

Посещаемость, опрос, активность и др. за один семестр – от 0 до 10 баллов.

Критерии оценки:

- менее 25% – 0 баллов;
- от 25% до 50% – 3 балла;
- от 51% до 75% – 6 баллов;
- от 76% до 100% – 10 баллов.

#### **Лабораторные занятия**

Контроль выполнения лабораторных заданий в течение 6 семестра - от 0 до 25 баллов. Письменный отчет по практической подготовке. Устный отчет студента включает раскрытие целей и задач практической подготовки, описание выполненной работы с указанием примененных методов и средств, ее количественных и качественных характеристик, выводы.

Анализ результатов практической подготовки проводится по следующим параметрам:

1. объем и качество выполненной работы;
2. качество аналитического отчета, выводов и предложений;
3. соблюдение сроков выполнения работы;
4. самостоятельность, инициативность, творческий подход к работе;
5. своевременность представления и качество отчетной документации.

(от 0 до 25 баллов)

Критерии оценки:

- менее 25% – 0 баллов;
- от 25% до 50% – 10 баллов;
- от 51% до 90% – 15 баллов;
- от 91% до 100% – 25 баллов.

#### **Практические занятия**

Не предусмотрены

#### **Самостоятельная работа**

Контроль за выполнением домашних работ, грамотность в оформлении- от 0 до 15 баллов.

Критерии оценки:

- менее 25% – 0 баллов;
- от 25% до 50% – 5 балла;
- от 51% до 75% – 10 баллов;
- от 76% до 100% – 15 баллов.

#### **Автоматизированное тестирование**

Не предусмотрено

#### **Другие виды учебной деятельности**

Контрольная работа: правильность выполнения и оформления от 0 до 10 баллов

Критерии оценки:

- менее 25% – 0 баллов;
- от 25% до 50% – 3 балла;
- от 51% до 75% – 6 баллов;
- от 76% до 100% – 10 баллов.

**Промежуточная аттестация - экзамен – от 0 до 40 баллов**

При определении разброса баллов при аттестации преподаватель может воспользоваться следующим примером ранжирования:

**33-40 баллов** – ответ на «отлично»

**25-32 баллов** – ответ на «хорошо»

**16-24 баллов** – ответ на «удовлетворительно»

**0-15 баллов** – ответ на «неудовлетворительно»

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 6 семестр по дисциплине «Исследование операций» составляет 100 баллов.

**Таблица 2.2. Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Исследование операций» в оценку (экзамен):**

85-100 баллов	«отлично»
76-84 баллов	«хорошо»
51-75 баллов	«удовлетворительно»
0-50 баллов	«неудовлетворительно»

В соответствии с учебным планом, в 6-ом семестре выполняется курсовая работа.

**Таблица 2.1** Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности при выполнении курсовой работы

Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
4	0	0	0	40	0	20	40	100

**Программа оценивания учебной деятельности студента при выполнении курсовой работы в 6 семестре (зачет с оценкой)**

**Лекции**

Не предусмотрены

**Лабораторные занятия**

Не предусмотрены

**Практические занятия**

Не предусмотрены



### **Самостоятельная работа**

Контроль за выполнением промежуточных этапов выполнения курсовой работы: поиск источников, составление плана работы, грамотность в оформлении- от 0 до 40 баллов.

Критерии оценки:

- менее 25% – 0 баллов;
- от 25% до 50% – 15 балла;
- от 51% до 75% – 30 баллов;
- от 76% до 100% – 40 баллов.

### **Другие виды учебной деятельности**

Подбор и решение иллюстрирующих примеров, правильность их решения и оформления от 0 до 20 баллов

### **Промежуточная аттестация – зачет с оценкой – от 0 до 40 баллов**

При определении разброса баллов при аттестации преподаватель может воспользоваться следующим примером ранжирования:

**33-40 баллов** – ответ на «отлично» /«зачтено»

**25-32 баллов** – ответ на «хорошо» /«зачтено»

**16-24 баллов** – ответ на «удовлетворительно»/«зачтено»

**0-15 баллов** – ответ на «неудовлетворительно» /«не зачтено»

Таким образом, максимально возможная сумма баллов выполнение курсовой работы составляет 100 баллов.

**Таблица 2.2. Пересчет полученной студентом суммы баллов за курсовую работу в оценку (зачет с оценкой):**

85-100 баллов	«отлично» / «зачтено»
76-84 баллов	«хорошо» / «зачтено»
51-75 баллов	«удовлетворительно» / «зачтено»
0-50 баллов	«неудовлетворительно» / «не зачтено»

### **Программа оценивания учебной деятельности студента за 7 семестр**

#### **Лекции**

Посещаемость, опрос, активность и др. за один семестр – от 0 до 10 баллов.

#### **Лабораторные занятия**

Контроль выполнения лабораторных заданий в течении сессии - от 0 до 25 баллов.

Письменный отчет по практической подготовке. Устный отчет студента включает раскрытие целей и задач практической подготовки, описание выполненной работы с указанием примененных методов и средств, ее количественных и качественных характеристик, выводы.

Анализ результатов практической подготовки проводится по следующим параметрам:

1. объем и качество выполненной работы;
2. качество аналитического отчета, выводов и предложений;
3. соблюдение сроков выполнения работы;
4. самостоятельность, инициативность, творческий подход к работе;
5. своевременность представления и качество отчетной документации.

(от 0 до 15 баллов)

Критерии оценки:

менее 25% – 0 баллов;

от 25% до 50% – 10 баллов;

от 51% до 90% – 15 баллов;

от 91% до 100% – 25 баллов.

### **Практические занятия**

Не предусмотрены

### **Самостоятельная работа**

Контроль за выполнением домашних работ, грамотность в оформлении - от 0 до 15 баллов.

Критерии оценки:

- менее 25% – 0 баллов;
- от 25% до 50% – 5 балла;
- от 51% до 75% – 10 баллов;
- от 76% до 100% – 15 баллов.

### **Автоматизированное тестирование**

Не предусмотрено.

### **Другие виды учебной деятельности**

Контрольная работа: правильность решения и оформление – от 0 до 10 баллов.

Критерии оценки:

- менее 25% – 0 баллов;
- от 25% до 50% – 3 балла;
- от 51% до 75% – 6 баллов;
- от 76% до 100% – 10 баллов.

### **Промежуточная аттестация – экзамен – от 0 до 40 баллов**

При определении разброса баллов при аттестации преподаватель может воспользоваться следующим примером ранжирования:

**33-40 баллов** – ответ на «отлично»

**25-32 баллов** – ответ на «хорошо»

**16-24 баллов** – ответ на «удовлетворительно»

**0-15 баллов** – ответ на «неудовлетворительно»

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 7 семестр по дисциплине «Исследование операций» составляет 100 баллов.

**Таблица 2.2. Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Исследование операций» в оценку (экзамен):**

85-100 баллов	«отлично»
76-84 баллов	«хорошо»
51-75 баллов	«удовлетворительно»
0-50 баллов	«не удовлетворительно»

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение курса «Исследование операций».

### а) литература:

1. Лычкина Н.Н. Имитационное моделирование экономических процессов [Электронный ресурс] : Учебное пособие / Наталья Николаевна Лычкина. - Москва: Издательский Дом "ИНФРА-М", 2012. - 254 с. - ISBN 978-5-16-004675-4 : Б. ц. ЭБС Информ.
2. Грачева М.В. Моделирование экономических процессов [Электронный ресурс] . - Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2017. - 543 с. - ISBN 978-5-238-02329-8 : Б. ц. Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.
3. Мхитарян В.С., Архипова Н.Ю., Балаш В.А. Эконометрика. Учебник. М.: Проспект, 2012 . ЭБС IPRbooks

### б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Кушцов С.Н., Балаш В.А., Кузнецова О.С. Имитационное моделирование и его приложения. - 2008 [http://nto.immpu.sgu.ru/sites/default/files/3/\\_12412.pdf](http://nto.immpu.sgu.ru/sites/default/files/3/_12412.pdf)
2. Дудов С.И., Мещерякова Е.А. Математическая экономика. [http://nto.immpu.sgu.ru/sites/default/files/3/\\_18440.pdf](http://nto.immpu.sgu.ru/sites/default/files/3/_18440.pdf)
3. Балаш В.А, Харламов А.В Эконометрика. [http://nto.immpu.sgu.ru/sites/default/files/3/\\_68431.pdf](http://nto.immpu.sgu.ru/sites/default/files/3/_68431.pdf)

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Компьютерные классы с установленной ОС Linux, графической системой KDE 4 и программным обеспечением: Maxima, GPSS World, MATLAB, Gretl.

Практическая подготовка в рамках лабораторных и практических занятий проводится на кафедре дифференциальных уравнений и математической экономики и в других структурных подразделениях университета: научно-образовательный математический центр «Математика технологий будущего», Образовательно-научный институт наноструктур и биосистем, Управление цифровых и информационных технологий.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки **09.03.03 - Прикладная информатика** и профилю подготовки **Прикладная информатика в экономике**.

Авторы:

доктор физико-математических наук, профессор С.И.Дудов

доктор экономических наук, профессор В.А.Балаш

старший преподаватель С.Н.Купцов

Программа актуализирована на заседании кафедры дифференциальных уравнений и математической экономики от **24 апреля 2023 г., протокол № 19**.

**Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

Рекомендуемая литература:

1. Дудов С.И., Сидоров С.П. Курс математической экономики. Часть 1: Финансовая математика, оптимизация и их приложения.- Саратов: Изд-во Сарат. Ун-та – 2002 – 91 с.
2. **Matlab 6.x**: программирование численных методов [Текст] : [учеб. пособие] / Ю. Л. Кетков, А. Ю. Кетков, М. М. Шульц. - СПб. : БХВ-Петербург, 2004. - 662, [10] с. : ил., рис. - (Мастер решений). - Библиогр.: с. 659-662 (57 назв.). - ISBN 5-94157-373-1 **A909207-ОХФ**
3. **Половко А.М.**, Бутусов П.Н. МАТЛАВ для студента. БХВ-Петербург, 2005, 320 с.
4. Лоу А., Кельтон В. Имитационное моделирование. М., Питер, 2004, 847 с.
5. **Малыхин В.И.** Математика в экономике. – М.: ИНФРА-М, 2002.
6. **Советов Б.Я., Яковлев С.А.** Моделирование систем. Практикум. —М.: Высш. шк., 2003. — 295 с.
7. **Matlab 7** [Текст] : [учеб. пособие] / И. Е. Ануфриев, А. Б. Смирнов, Е. Н. Смирнова. - СПб. : БХВ-Петербург, 2005. - 1080, [10] с. : ил. + 1 эл. опт. диск (CD-ROM) (в медиазале). - Библиогр.: с. 1082 (6 назв.). - ISBN 5-94157-494-0 **A909110-ОХФ, A909111-ОХФ**
8. **Карпов Ю.Г.** Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic - Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2009. - 390 с. - ISBN 978-5-94157-148-2