

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Системотехника»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

*«М.1.2.3 Применение методов моделирования в исследованиях
и проектировании сложных систем»*

направления подготовки

«09.04.01 Информатика и вычислительная техника»

Магистерская программа «Автоматизированные системы обработки
информации и управления»

форма обучения – очная

курс – 1

семестр – 1

зачетных единиц – 5

часов в неделю – 2

всего часов – 180,

в том числе:

лекции – 14

коллоквиум - 4

лабораторные занятия – 18

самостоятельная работа – 144

зачет – не предусмотрен

экзамен – 1 семестр

РГР – не предусмотрена

курсовая работа – 1 семестр

курсовой проект – не предусмотрен

1. Цели и задачи дисциплины

Учебная дисциплина «Применение методов моделирования в исследованиях и проектировании сложных систем» реализует требования федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника».

Целью преподавания дисциплины является освоение и применение на практике студентами методов моделирования при построении и оптимизации структур и процессов функционирования сложных систем. Задачи дисциплины направлены на освоение методов моделирования, используемых при построении и оптимизации структур и процессов функционирования сложных систем, овладение навыками использования этих методов при решении практических задач, ознакомление с существующими инструментальными программными средствами реализации этих методов.

В результате изучения дисциплины студент должен: освоить методы моделирования, используемые при построении и оптимизации структур и процессов функционирования сложных систем; овладеть навыками использования этих методов при решении практических задач; ознакомиться с существующими инструментальными программными средствами реализации этих методов.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина относится к блоку М.1.2 Вариативная часть.

Знания, приобретенные в курсе М.1.2.4 «Применение методов моделирования в исследованиях и проектировании сложных систем» могут быть использованы в дисциплинах М.1.2.5 «Системы и сети массового обслуживания» и М.1.2.7 «Принципы организации АСОИУ», в дальнейшем при выполнении программы магистерской подготовки, при научно-исследовательской работе, а также в профессиональной деятельности.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих профессиональных компетенций:

ПК-2 – знание методов научных исследований и владение навыками их проведения,

ПК-11 – способность формировать технические задания и участвовать в разработке аппаратных и (или) программных средств вычислительной техники,

ПК-19 – способность к применению современных технологий разработки программных комплексов с использованием CASE-средств, контролировать качество разрабатываемых программных продуктов.

Студент должен знать:

– методы моделирования, используемые при построении и оптимизации структур и процессов функционирования сложных систем (ПК-2).

Студент должен уметь:

– использовать методы моделирования при решении практических задач (ПК-11).

Студент должен владеть:

– существующими инструментальными программными средствами реализации этих методов (ПК-19).

4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий

№ модуля	№ недели	№ темы	Наименование темы	Часы				
				Всего	Лекции	Коллоқ.	Лабораторные	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	1	Общие вопросы теории моделирования	32	2			30
1	2-3	2	Математические модели и методы моделирования, используемые при построении и оптимизации структур и процессов функционирования сложных систем	86	8	2	12	64
1-2	4-15	3	Автоматизированные системы моделирования	62	4	2	6	50
Всего				180	14	4	18	144

5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	1	Предмет, цели и задачи курса. Содержание курса и его связь с другими дисциплинами. Философские аспекты теории подобия и моделирования систем. Применение методов моделирования при построении и оптимизации структур и процессов функционирования сложных систем	1-4, 14 «1.1. Лекции»
2	2	2	Классификация математических моделей и методов моделирования	1-4, 14 «1.1. Лекции»
2	2	3	Методы системного анализа. Модели принятия решений в условиях конфликта, риска и неопределенности. Методы и модели искусственного интеллекта. Базы знаний и экспертные системы	1-4, 14 «1.1. Лекции»
2	2	4	Регрессионный анализ (линейная и нелинейная)	1-4, 14

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, обрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
			регрессия). Дисперсионный анализ. Ковариационный анализ	«1.1. Лекции»
2	2	5	Требования, предъявляемые к математическим моделям. Методы оценки точности моделей	1-4, 14 «1.1. Лекции»
3	2	6	Понятие автоматизированной системы моделирования (АСМ). Основные черты, присущие современным АСМ, использующим широкий спектр методов и алгоритмов моделирования	1-4, 14 «1.1. Лекции»
3	2	7	Примеры использования математических моделей при построении и оптимизации функционирования сложных систем	1-4, 14 «1.1. Лекции»

6. Содержание коллоквиумов

В рамках проведения коллоквиумов предлагается подготовить устный доклад по предложенной теме.

№ темы	Всего часов	№ коллоквиума	Тема коллоквиума. Вопросы, обрабатываемые на коллоквиуме	Учебно-методическое обеспечение
2	2	1	Имитационное моделирование систем. Отличительные черты имитационных моделей, их достоинства и недостатки. Сети Петри	1-4
3	2	2	Системы поддержки принятия решений, основу которых составляют АСМ	1-4

7. Перечень практических занятий

Практических занятий не предусмотрено учебным планом.

8. Перечень лабораторных работ

№ темы	Всего часов	Наименование лабораторной работы. Вопросы, обрабатываемые на лабораторном занятии	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
2	4	Моделирование процесса функционирования автозаправочных станций, использующих MES-системы (занятие проводится в интерактивной форме, используется работа в малых группах)	5-8, 12-14 «2.2. МУ по выполнению лабораторных работ»
2	4	Моделирование процесса функционирования топливораздаточного оборудования на автозаправочных станциях, оснащенных автоматическими автозаправочными терминалами	5-8, 12-14 «2.2. МУ по выполнению лабораторных работ»
2	4	Имитационное моделирование процессов	5-8, 12-14

№ темы	Всего часов	Наименование лабораторной работы. Вопросы, отрабатываемые на лабораторном занятии	Учебно-методическое обеспечение
		электропотребления участка технологического оборудования	«2.2. МУ по выполнению лабораторных работ»
3	6	Интерактивная многокритериальная оптимизация структур роботизированных технологических комплексов дуговой сварки (занятие проводится в интерактивной форме, используется работа в малых группах)	5-8, 12-14 «2.2. МУ по выполнению лабораторных работ»

Отчет по лабораторной работе должен содержать тему, краткую теоретическую и развернутую практическую части, с подробными комментариями ко всем этапам выполнения, объем не менее 4 страниц.

9. Задания для самостоятельной работы студентов

Текущая самостоятельная работа студентов (СРС) по дисциплине, направленная на углубление и закрепление знаний студента, на развитие практических умений, включает в себя следующие виды работ:

- работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по темам, вынесенным на самостоятельную проработку;
- подготовка к лабораторным занятиям, курсовой работе и экзамену.

Творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа по дисциплине, направленная на развитие интеллектуальных умений, общекультурных и профессиональных компетенций, развитие творческого мышления у студентов, включает в себя следующие виды работ по основным проблемам курса:

- поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- выполнение вычислений, обработка и анализ данных;
- углубленное исследование теоретического материала по тематике лабораторных занятий.

№ темы	Всего Часов	Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
1	30	Классификация математических моделей и методов моделирования	1-2, 5-6, 9
2	20	Методы искусственного интеллекта: искусственные нейронные сети, генетические алгоритмы	2, 4, 7-9, 11
2	20	Дисперсионный, корреляционный и регрессионный анализ	1-4, 10, 12

№ темы	Всего Часов	Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
2	24	Имитационное моделирование	2-3, 5-8, 14
3	25	Планирование машинных экспериментов при синтезе оптимальных вариантов систем	1-3, 6-8, 10
3	25	Автоматизированные системы моделирования и поддержки принятия решений	4, 9-12

10. Расчетно-графическая работа

Не предусмотрена учебным планом.

11. Курсовая работа

Курсовая работа посвящена моделированию систем массового обслуживания.

Темы курсовых работ назначаются с учетом задания на научно-исследовательскую работу магистранта. Таким образом, чтобы ее содержание было составной частью выпускной работы магистранта.

Порядок выполнения работы

1. Для предметной области, связанной с темой магистерской диссертации, построить систему массового обслуживания.
2. Для построенной системы массового обслуживания разработать программу на языке высокого уровня, моделирующую поведение разработанной СМО.
3. Провести отладку и тестирование разработанной программы.
4. Подготовить пояснительную записку, содержащую описание метода, блок-схему разработанного алгоритма, текст программы с комментариями, описание работы программы, заключение.

Курсовая работа должна содержать обзорную часть проблемы, иметь четкую постановку задачи, содержать теоретические исследования проблемы и материалы моделирования.

Требования к оформлению работы: полуторный интервал, 14 кегль, цитирование и сноски в соответствии с принятыми стандартами, правильность грамматики, орфографии, синтаксиса.

12. Курсовой проект

Не предусмотрен учебным планом.

13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

В процессе освоения образовательной программы у обучающегося в ходе изучения дисциплины «Применение методов моделирования в исследованиях и проектировании сложных систем» должны сформироваться профессиональные компетенции ПК-2, ПК-11 и ПК-19.

Под компетенцией **ПК-2** понимается знание методов научных исследований и владение навыками их проведения.

Для формирования компетенции **ПК-2** необходимы базовые знания фундаментальных разделов математики, теории вероятностей и математической статистики, моделирования систем и программирования.

Код компетенции	Этап формирования	Показатели оценивания	Критерии оценивания		
			Промежуточная аттестация	Типовые задания	Шкала оценивания
ПК-2	I (1 семестр)	1. Знание основных принципов и методов моделирования сложных систем	Экзамен	В соответствии с пунктом 13.2	В соответствии с пунктом 13.3
		2. Умение применять методы научных исследований при проектировании сложных систем			
		3. Понимание основных принципов научных исследований			

Под компетенцией **ПК-11** понимается способность формировать технические задания и участвовать в разработке аппаратных и (или) программных средств вычислительной техники.

Для формирования компетенции **ПК-11** необходимы базовые знания фундаментальных разделов математики, теории вероятностей и математической статистики, моделирования систем и программирования.

Код компетенции	Этап формирования	Показатели оценивания	Критерии оценивания		
			Промежуточная аттестация	Типовые задания	Шкала оценивания
ПК-11	I (1 семестр)	1. Умение формировать технические задания при проектировании систем	Экзамен	В соответствии с пунктом 13.2	В соответствии с пунктом 13.3
		2. Умение разрабатывать программное обеспечение сложных систем			
		3. Умение разрабатывать аппаратное обеспечение сложных систем			

Под компетенцией **ПК-19** понимается способность к применению современных технологий разработки программных комплексов с использованием CASE-средств, контролировать качество разрабатываемых программных продуктов.

Для формирования компетенции **ПК-19** необходимы базовые знания фундаментальных разделов математики, теории вероятностей и математической статистики, моделирования систем и программирования.

Код компетенции	Этап формирования	Показатели оценивания	Критерии оценивания		
			Промежуточная аттестация	Типовые задания	Шкала оценивания
ПК-19	I (1 семестр)	1. Знание современных средств и программных комплексов при разработке сложных систем	Экзамен	В соответствии с пунктом 13.2	В соответствии с пунктом 13.3
		2. Умение применять современные инструментальные средства разработки систем			
		3. Применение CASE-средств при научных исследованиях			

Процедура оценивания знаний, умений, навыков по дисциплине учет успешности выполнения лабораторных работ, самостоятельной работы, курсовой работы, тестовых заданий и сдачи экзамена.

Лабораторные работы считаются успешно выполненными в случае предоставления работающей программы, отчета, включающего тему, постановку задачи, описание хода вычислений в выбранном пакете прикладных программ, скриншоты и графики при необходимости и защите лабораторной работы – ответе на вопросы по теме работы. Шкала оценивания – «зачтено / не зачтено». «Зачтено» за лабораторную работу ставится в случае, если студент корректно решил поставленную задачу, при этом обучающимся показано свободное владение материалом по дисциплине. «Не зачтено» ставится в случае, если задача решена с ошибками, тогда задание возвращается студенту на доработку и затем вновь сдаётся на проверку преподавателю.

Курсовая работа считается успешно выполненной в случае предоставления работающей программы, отчета, включающего тему, краткие теоретические сведения, текст и алгоритм программы, скриншоты выполнения программы и защите курсовой работы – кратком докладе на тему и ответе на вопросы по теме работы. Курсовая работа оценивается по пятибалльной шкале. «Отлично» за курсовую работу ставится в случае, если разработанная программа правильно решает поставленную задачу, обрабатывает некорректно поставленные задачи, при этом обучающимся показано свободное владение материалом по дисциплине. «Хорошо» ставится в случае, если программа правильно решает поставленную задачу, обрабатывает некорректно поставленные задачи, но при этом обучающийся при ответе на вопросы допускает неточности. «Удовлетворительно» ставится в случае, если программа правильно решает поставленную задачу, но при этом обучающийся при ответе на вопросы допускает грубые ошибки. Если программа выполняет вычисление результата с ошибками, тогда она

возвращается студенту на доработку и затем вновь сдаётся на проверку преподавателю.

Самостоятельная работа считается успешно выполненной в случае предоставления отчета по каждой теме. Задание для отчета соответствует пункту 9 рабочей программы. Оценивание отчетов проводится по принципу «зачтено» / «не зачтено». «Зачтено» выставляется в случае, если отчет оформлен в соответствии с критериями:

- правильность оформления отчета (титульная страница, оглавление и оформление источников);
- уровень раскрытия темы отчета / проработанность темы;
- структурированность материала;
- количество использованных литературных источников.

В случае, если какой-либо из критериев не выполнен, отчет возвращается на доработку.

В конце семестра обучающийся письменно отвечает на **тестовые задания**, содержащие вопросы по изученному материалу. Оценивание тестовых заданий проводится по пятибалльной шкале. В качестве критериев оценивания используется количество правильных ответов. При ответе более чем, на 80 % вопросов выставляется «отлично», при ответе более чем, на 70 % вопросов выставляется «хорошо», более 50 % – «удовлетворительно», в случае меньшего количества правильных ответов ставится «неудовлетворительно».

К **экзамену** по дисциплине обучающиеся допускаются при:

- предоставлении всех отчетов по всем лабораторным работам и защите всех лабораторных работ;
- сдачи отчетов с учетом того, что они «зачтены» преподавателем;
- успешной защите курсовой работе (с оценкой «отлично», «хорошо» или «удовлетворительно»);
- успешном написании тестовых заданий (с оценкой «отлично», «хорошо» или «удовлетворительно»).

Экзамен сдаётся устно, по билетам, в которых представлен вопрос из перечня «Вопросы для экзамена» и одно расчетное задание из списка тестовых вопросов. Оценивание проводится по пятибалльной шкале.

«Отлично» ставится при:

- правильном, полном и логично построенном ответе,
- умении оперировать специальными терминами,
- использовании в ответе дополнительного материала,
- иллюстрировании теоретического положения практическим материалом;
- оценке «отлично» или «хорошо» за тестовые вопросы.

«Хорошо» ставится, если в ответе встречаются

- негрубые ошибки или неточности,
- затруднения в использовании практического материала,
- не вполне законченные выводы или обобщения;
- оценке «удовлетворительно» или «хорошо» за тестовые вопросы.

- «Удовлетворительно» ставится, если в ответе встречаются
- грубые ошибки или неточности,
 - значительные затруднения в использовании практического материала,
 - отсутствуют законченные выводы или обобщения;
 - оценке «удовлетворительно» за тестовые вопросы.

«Неудовлетворительно» ставится при:

- схематичном неполном ответе,
- неумении оперировать специальными терминами или их незнании;
- оценке «удовлетворительно» за тестовые вопросы.

Вопросы для зачета

Зачет учебным планом не предусмотрен.

Вопросы для экзамена

1. Классификация математических моделей и методов моделирования.
2. Применение методов моделирования при построении и оптимизации функционирования сложных систем.
3. Имитационные модели. Искусственные нейронные сети и системы нечеткого вывода. Языки ситуационного управления.
4. CASE-технологии.
5. Моделирование сложных систем с использованием SCADA-систем.
6. Методы оценки точности моделей.

Практические вопросы

Задание 1. Среднее число вызовов, поступающих на станцию скорой помощи за один час, равно λ . Поток вызовов простейший. Найти:

а) математическое ожидание, дисперсию, среднее квадратическое отклонение непрерывной случайной величины T – интервала времени между двумя последовательными вызовами в потоке;

б) вероятность того, что за t минут поступит: m вызовов; менее m вызовов; не менее m вызовов.

- | | | | |
|-----|-----------------|-----------|----------|
| 1) | $\lambda = 60,$ | $t = 6,$ | $m = 3.$ |
| 2) | $\lambda = 40,$ | $t = 6,$ | $m = 4.$ |
| 3) | $\lambda = 30,$ | $t = 10,$ | $m = 2.$ |
| 4) | $\lambda = 15,$ | $t = 12,$ | $m = 4.$ |
| 5) | $\lambda = 30,$ | $t = 4,$ | $m = 3.$ |
| 6) | $\lambda = 20,$ | $t = 9,$ | $m = 3.$ |
| 7) | $\lambda = 35,$ | $t = 12,$ | $m = 4.$ |
| 8) | $\lambda = 25,$ | $t = 12,$ | $m = 3.$ |
| 9) | $\lambda = 10,$ | $t = 24,$ | $m = 2.$ |
| 10) | $\lambda = 50,$ | $t = 6,$ | $m = 4.$ |

Задание 2. Электронное устройство работает в ждущем режиме и переключается очередным импульсом. Поток импульсов является потоком Эрланга k – го порядка с интенсивностью λ_k импульсов в час. В случайный момент времени устройство включается в сеть и ждет первого очередного импульса. Найти плотность распределения вероятностей времени ожидания очередного импульса и построить ее график. Вычислить вероятность того, что устройство останется в ждущем режиме не более t минут. Ответ дать с тремя десятичными знаками.

Указание: плотность распределения времени ожидания первого очередного события для потока Эрланга k – го порядка имеет вид

$$f(x) = \frac{\lambda}{k} \sum_{s=0}^{k-1} \frac{(\lambda x)^s}{s!} e^{-\lambda x}, \quad x \geq 0,$$

где λ – интенсивность простейшего потока, из которого получен поток Эрланга k – го порядка.

- 1) $k = 3, \quad \lambda_k = 2, \quad t = 10.$
- 2) $k = 2, \quad \lambda_k = 3, \quad t = 5.$
- 3) $k = 3, \quad \lambda_k = 1, \quad t = 6.$
- 4) $k = 2, \quad \lambda_k = 2, \quad t = 12.$
- 5) $k = 3, \quad \lambda_k = 3, \quad t = 15.$
- 6) $k = 2, \quad \lambda_k = 0,5, \quad t = 10.$
- 7) $k = 3, \quad \lambda_k = 1,5, \quad t = 5.$
- 8) $k = 2, \quad \lambda_k = 2,5, \quad t = 20.$
- 9) $k = 3, \quad \lambda_k = 0,5, \quad t = 12.$
- 10) $k = 2, \quad \lambda_k = 1,5, \quad t = 15.$

Задание 3. Задана матрица P вероятностей перехода дискретной цепи Маркова за один шаг. Распределение вероятностей по состояниям в начальный момент определяется вектором \bar{q} . Построить размеченный граф состояний. Найти:

- 1) матрицу P_2 переходов цепи за два шага;
- 2) распределение вероятностей по состояниям в конце второго шага;
- 3) вероятность пребывания цепи в третьем состоянии в конце первого шага;
- 4) стационарное распределение вероятностей.

$$1) \quad P = \begin{pmatrix} 0,1 & 0,1 & 0,8 \\ 0 & 0,3 & 0,7 \\ 0,6 & 0,2 & 0,2 \end{pmatrix}, \quad \bar{q} = (0,7 \quad 0,2 \quad 0,1).$$

$$2) \quad P = \begin{pmatrix} 0,3 & 0,3 & 0,4 \\ 0,3 & 0 & 0,7 \\ 0,5 & 0,5 & 0 \end{pmatrix}, \quad \bar{q} = (0,3 \quad 0,2 \quad 0,5).$$

$$\begin{aligned}
3) \quad P &= \begin{pmatrix} 0,8 & 0,2 & 0 \\ 0,1 & 0,6 & 0,3 \\ 0,1 & 0,4 & 0,5 \end{pmatrix}, & \bar{q} &= (0,4 \quad 0,4 \quad 0,2). \\
4) \quad P &= \begin{pmatrix} 0,2 & 0,3 & 0,5 \\ 0 & 0,7 & 0,3 \\ 0,3 & 0,4 & 0,3 \end{pmatrix}, & \bar{q} &= (0,2 \quad 0,2 \quad 0,6). \\
5) \quad P &= \begin{pmatrix} 0 & 0,5 & 0,5 \\ 0,2 & 0,1 & 0,7 \\ 0,3 & 0,5 & 0,2 \end{pmatrix}, & \bar{q} &= (0,4 \quad 0,3 \quad 0,3). \\
6) \quad P &= \begin{pmatrix} 0,9 & 0,1 & 0 \\ 0,8 & 0,1 & 0,1 \\ 0,3 & 0,3 & 0,4 \end{pmatrix}, & \bar{q} &= (0,2 \quad 0,4 \quad 0,4). \\
7) \quad P &= \begin{pmatrix} 0,6 & 0,2 & 0,2 \\ 0,4 & 0,3 & 0,3 \\ 0,2 & 0,8 & 0 \end{pmatrix}, & \bar{q} &= (0,1 \quad 0,5 \quad 0,4). \\
8) \quad P &= \begin{pmatrix} 0,1 & 0,2 & 0,7 \\ 0,5 & 0,2 & 0,3 \\ 0,9 & 0,1 & 0 \end{pmatrix}, & \bar{q} &= (0,3 \quad 0,1 \quad 0,6). \\
9) \quad P &= \begin{pmatrix} 0,4 & 0,1 & 0,5 \\ 0,3 & 0,7 & 0 \\ 0,2 & 0,2 & 0,6 \end{pmatrix}, & \bar{q} &= (0,9 \quad 0 \quad 0,1). \\
10) \quad P &= \begin{pmatrix} 0,2 & 0,5 & 0,3 \\ 0,6 & 0 & 0,4 \\ 0 & 0,9 & 0,1 \end{pmatrix}, & \bar{q} &= (0,1 \quad 0,8 \quad 0,1).
\end{aligned}$$

Задание 4. Задана матрица Λ интенсивностей переходов непрерывной цепи Маркова. Построить размеченный граф состояний. Провести классификацию состояний системы. Найти стационарное распределение вероятностей, если оно существует.

$$1) \quad \Lambda = \begin{pmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & -5 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 4 & -4 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 3 & 2 & -6 & 0 & 0 \\ 9 & 0 & 0 & 7 & -16 & 0 \\ 0 & 0 & 11 & 3 & 0 & -14 \end{pmatrix}.$$

$$2) \quad \Lambda = \begin{pmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & -3 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 5 & -6 & 0 & 0 \\ 7 & 0 & 2 & -9 & 0 \\ 0 & 3 & 1 & 0 & -4 \end{pmatrix}.$$

$$3) \Lambda = \begin{pmatrix} -3 & 0 & 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -7 & 0 & 7 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -5 & 5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -4 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & -2 & 0 \\ 0 & 0 & 8 & 9 & 3 & -20 \end{pmatrix}.$$

$$4) \Lambda = \begin{pmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & 0 & 2 & 0 \\ 7 & 0 & -13 & 6 & 0 \\ 3 & 5 & 0 & -8 & 0 \\ 0 & 8 & 0 & 9 & -17 \end{pmatrix}.$$

$$5) \Lambda = \begin{pmatrix} -9 & 2 & 0 & 4 & 0 & 3 \\ 0 & -10 & 3 & 7 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -6 & 6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & -8 & 5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & -2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 \end{pmatrix}.$$

$$6) \Lambda = \begin{pmatrix} -5 & 5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & -7 & 4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & -2 & 0 & 0 & 0 \\ 7 & 8 & 0 & -18 & 3 & 0 \\ 0 & 2 & 3 & 0 & -16 & 11 \\ 0 & 0 & 6 & 0 & 0 & -6 \end{pmatrix}.$$

$$7) \Lambda = \begin{pmatrix} -5 & 3 & 0 & 2 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 7 & -9 & 0 & 2 \\ 0 & 5 & 0 & -5 & 0 \\ 6 & 3 & 0 & 0 & -9 \end{pmatrix}.$$

$$8) \Lambda = \begin{pmatrix} -4 & 3 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -11 & 4 & 7 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -2 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 5 & -7 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3 & -3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 9 & 6 & -15 \end{pmatrix}.$$

$$9) \Lambda = \begin{pmatrix} -7 & 0 & 0 & 7 & 0 & 0 \\ 0 & -11 & 0 & 0 & 11 & 0 \\ 0 & 0 & -5 & 2 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 5 & -5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & -11 & 9 \\ 0 & 0 & 0 & 7 & 0 & -7 \end{pmatrix}.$$

$$10) \Lambda = \begin{pmatrix} -9 & 7 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & -9 & 5 & 0 & 4 \\ 0 & 0 & -3 & 0 & 3 \\ 4 & 0 & 6 & -15 & 5 \\ 0 & 1 & 7 & 0 & -8 \end{pmatrix}.$$

Задание 5. В компьютерном зале l персональных ком-пьютеров. Зал эксплуатируется 12 часов в сутки. Интенсивность потока отказов одного компьютера равна λ компьютеров в сутки. Время восстановления одного компьютера одним мастером в среднем составляет T часов. Все потоки простейшие. Определить оптимальное число обслуживающих зал мастеров по ремонту, если производительность зала оценивается по формуле

$$P_{\text{зала}} = \frac{l - \bar{l}_{\text{не}}}{l} \cdot 100\%,$$

где l - число персональных компьютеров, $\bar{l}_{\text{не}}$ - среднее число неисправных компьютеров.

Указание: экономически оправдан прием на работу еще одного мастера, если он обеспечивает прирост производительности зала не менее чем на 10% от номинальной.

- | | | |
|--------------|-------------------|-----------|
| 1) $l = 6,$ | $\lambda = 0,2,$ | $T = 36.$ |
| 2) $l = 5,$ | $\lambda = 0,2,$ | $T = 30.$ |
| 3) $l = 4,$ | $\lambda = 0,2,$ | $T = 24.$ |
| 4) $l = 6,$ | $\lambda = 0,15,$ | $T = 48.$ |
| 5) $l = 5,$ | $\lambda = 0,3,$ | $T = 20.$ |
| 6) $l = 4,$ | $\lambda = 0,1,$ | $T = 48.$ |
| 7) $l = 6,$ | $\lambda = 0,3,$ | $T = 24.$ |
| 8) $l = 5,$ | $\lambda = 0,15,$ | $T = 40.$ |
| 9) $l = 4,$ | $\lambda = 0,16,$ | $T = 30.$ |
| 10) $l = 6,$ | $\lambda = 0,24,$ | $T = 30.$ |

Задание 6. В отделе k телефонных аппаратов. Среднее число поступающих в отдел вызовов равно λ вызовов в час. Входной поток простейший. Время переговоров распределено по показательному закону и в среднем составляет T минут. Определить:

- 1) вероятность отказа в переговорах;
- 2) абсолютную пропускную способность системы;
- 3) относительную пропускную способность;
- 4) среднее число занятых аппаратов;
- 5) коэффициент загрузки оборудования $\frac{\bar{k}}{k} \cdot 100\%.$

Как изменятся эти показатели работы системы, если в отделе добавить еще один аппарат? Сколько аппаратов необходимо добавить, чтобы отказ получали не более 10% вызовов?

- 1) $k = 3,$ $\lambda = 20,$ $T = 10.$
- 2) $k = 2,$ $\lambda = 15,$ $T = 12.$
- 3) $k = 2,$ $\lambda = 8,$ $T = 15.$

- 4) $k = 3, \quad \lambda = 10, \quad T = 18.$
- 5) $k = 2, \quad \lambda = 5, \quad T = 24.$
- 6) $k = 4, \quad \lambda = 24, \quad T = 10.$
- 7) $k = 3, \quad \lambda = 15, \quad T = 12.$
- 8) $k = 4, \quad \lambda = 30, \quad T = 12.$
- 9) $k = 2, \quad \lambda = 10, \quad T = 18.$
- 10) $k = 3, \quad \lambda = 25, \quad T = 6.$

Задание 7. Разработчик СМО располагает двумя каналами обслуживания. Интенсивность обслуживания одним каналом μ заявок в час. Время обслуживания распределено по показательному закону. Входящий поток заявок простейший с интенсивностью λ заявок в час. Возможны два варианта проекта: вариант 1 – две независимо работающих одноканальных безотказных СМО(1; ∞ ; $\lambda/2$; μ); вариант 2 – одна двухканальная безотказная СМО(2 ; ∞ ; λ ; μ). Провести сравнительный анализ вариантов по следующим показателям эффективности: среднее число занятых каналов; средняя длина очереди; среднее время пребывания заявки в системе.

Провести аналогичный сравнительный анализ в том случае, если при тех же условиях разработчик располагает средствами для организации m мест в очереди для ожидания обслуживания. Рассмотреть два варианта: вариант 1 – две независимо работающих одноканальных СМО(1; $m/2$; $\lambda/2$; μ); вариант 2 – одна двухканальная СМО(2 ; m ; λ ; μ).

Указание: всюду вектор $(a_1; a_2; a_3; a_4)$ имеет компоненты: a_1 – число каналов обслуживания; a_2 – число мест в очереди; a_3 – интенсивность входного потока; a_4 – интенсивность потока обслуживания.

- 1) $\lambda = 8, \quad \mu = 5, \quad m = 6.$
- 2) $\lambda = 6, \quad \mu = 5, \quad m = 4.$
- 3) $\lambda = 6, \quad \mu = 4, \quad m = 6.$
- 4) $\lambda = 8, \quad \mu = 7, \quad m = 4.$
- 5) $\lambda = 10, \quad \mu = 6, \quad m = 6.$
- 6) $\lambda = 10, \quad \mu = 7, \quad m = 4.$
- 7) $\lambda = 8, \quad \mu = 6, \quad m = 4.$
- 8) $\lambda = 12, \quad \mu = 7, \quad m = 6.$
- 9) $\lambda = 4, \quad \mu = 3, \quad m = 4.$
- 10) $\lambda = 10, \quad \mu = 8, \quad m = 4.$

Задание 8. В двухканальную систему массового обслуживания (СМО) с отказами поступает стационарный пуассоновский поток заявок с интенсивностью λ заявок в минуту. Длительность обслуживания каждой заявки равна $(0,5 + \tau_i)$ минут, где τ_i – непрерывная случайная величина, закон распределения которой неизвестен. Статистическое распределение выборки $\{\tau_i\}$ объема $n = 100$ имеет вид

$\tau_i, \text{МИН}$	[0; 0,1)	[0,1; 0,2)	[0,2; 0,3)	[0,3; 0,4)	[0,4; 0,5)
----------------------	-------------	---------------	---------------	---------------	---------------

n_i	10	25	35	15	15
-------	----	----	----	----	----

Вновь прибывшая заявка занимает свободный канал с меньшим номером. При занятости всех каналов заявка покидает СМО необслуженной. Требуется: 1) построить эмпирическую функцию распределения случайной величины τ_i ; 2) методом обратных функций смоделировать входящий поток и поток обслуживания; 3) смоделировать работу СМО методом Монте-Карло; 4) по результатам трех испытаний найти среднее число обслуженных заявок за время T ; 5) к одному из испытаний (любому) построить временные диаграммы работы СМО.

Указание: воспользоваться таблицей случайных чисел, приведенной на стр. 24 – 25. В числовых данных задачи: i – номер строки, j – номер столбца для первого случайного числа r_{ij} . Выбор случайных чисел проводить по строкам, начиная с числа r_{ij} , без пропусков и вставок.

- 1) $\lambda = 2$, $T = 5$, $i = 1$, $j = 2$.
- 2) $\lambda = 3$, $T = 4$, $i = 2$, $j = 4$.
- 3) $\lambda = 4$, $T = 3$, $i = 3$, $j = 6$.
- 4) $\lambda = 5$, $T = 3$, $i = 4$, $j = 8$.
- 5) $\lambda = 2$, $T = 6$, $i = 5$, $j = 10$.
- 6) $\lambda = 3$, $T = 5$, $i = 6$, $j = 12$.
- 7) $\lambda = 4$, $T = 4$, $i = 7$, $j = 14$.
- 8) $\lambda = 5$, $T = 4$, $i = 8$, $j = 16$.
- 9) $\lambda = 2$, $T = 4$, $i = 9$, $j = 18$.
- 10) $\lambda = 3$, $T = 3$, $i = 10$, $j = 20$.

Тестовые задания по дисциплине

1. Модель объекта это...
 - 1) предмет похожий на объект моделирования
 - 2) объект заместитель, который учитывает свойства объекта, необходимые для достижения цели
 - 3) копия объекта
 - 4) шаблон, по которому можно произвести точную копию объекта

2. Основная функция модели это:
 - 1) Получить информацию о моделируемом объекте
 - 2) Отобразить некоторые характеристические признаки объекта
 - 3) Получить информацию о моделируемом объекте или отобразить некоторые характеристические признаки объекта
 - 4) Воспроизвести физическую форму объекта

3. Математические модели относятся к классу...
 - 1) Изобразительных моделей
 - 2) Прагматических моделей
 - 3) Познавательных моделей
 - 4) Символических моделей

4. Математической моделью объекта называют

1) Описание объекта математическими средствами, позволяющее выводить суждение о некоторых его свойствах при помощи формальных процедур

2) Любую символическую модель, содержащую математические символы

3) Представление свойств объекта только в числовом виде

4) Любую формализованную модель

5. Методами математического моделирования являются ...

1) Аналитический

2) Числовой

3) Аксиоматический и конструктивный!!

4) Имитационный

6. Какая форма математической модели отображает предписание последовательности некоторой системы операций над исходными данными с целью получения результата:

1) Аналитическая

2) Графическая

3) Цифровая

4) Алгоритмическая

7. Объект, состоящий из вершин и ребер, которые между собой находятся в некотором отношении, называют...

1) Системой

2) Чертежом

3) Структурой объекта

4) Графом

8. Эффективность математической модели определяется ...

1) Оценкой точности модели

2) Функцией эффективности модели

3) Соотношением цены и качества

4) Простотой модели

9. Адекватность математической модели и объекта это...

1) правильность отображения в модели свойств объекта в той мере, которая необходима для достижения цели моделирования

2) Полнота отображения объекта моделирования

3) Количество информации об объекте, получаемое в процессе моделирования

4) Объективность результата моделирования

10. Состояние объекта определяется ...

1) Количеством информации, полученной в фиксированный момент времени

2) Множеством свойств, характеризующим объект в фиксированный момент времени относительно заданной цели

3) Только физическими данными об объекте

4) Параметрами окружающей среды

11. Изменение состояния объекта отображается в виде...

1) Статической модели

2) Детерминированной модели

3) Динамической модели

4) Стохастической модели

12. Фазовое пространство определяется ...

1) Множеством состояний объекта, в котором каждое состояние определяется точкой с координатами эквивалентными свойствам объекта в фиксированный момент времени

2) Координатами свойств объекта в фиксированный момент времени

3) Двумерным пространством с координатами x, y

4) Линейным пространством

13. Фазовая траектория это

1) Вектор в полярной системе координат

2) След от перемещения фазовой точки в фазовом пространстве

3) Монотонно убывающая функция

4) Синусоидальная кривая с равными амплитудами и частотой

14. Точка бифуркации это...

1) Точка фазовой траектории, характеризующая изменение состояния объекта

2) Точка на траектории, характеризующая состояние покоя

3) Точка фазовой траектории, предшествующая резкому изменению состояния объекта

4) Точка равновесия

15. Декомпозиция это ...

1) Процедура разложения целого на части с целью описания объекта

2) Процедура объединения частей объекта в целое

3) Процедура изменения структуры объекта

4) Процедура сортировки частей объекта

16. Установление равновесия между простотой модели и качеством отображения объекта называется...

1) Дискретизацией модели

2) Алгоритмизацией модели

- 3)Линеаризацией модели
- 4)Идеализацией модели

17.Имитационное моделирование ...

- 1)Воспроизводит функционирование объекта в пространстве и времени
- 2)Моделирование, в котором реализуется модель, производящая процесс функционирования системы во времени, а также имитируются элементарные явления, составляющие процесс
- 3)Моделирование, воспроизводящее только физические процессы
- 4)Моделирование, в котором реальные свойства объекта заменены объектами – аналогами

18.Планирование эксперимента необходимо для...

- 1)Точного предписания действий в процессе моделирования
- 2)Выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью
- 3)Выполнения плана экспериментирования на модели
- 4)Сокращения числа опытов

19.Модель детерминированная ...

- 1)Матрица, детерминант которой равен единице
- 2)Объективная закономерная взаимосвязь и причинная взаимообусловленность событий. В модели не допускаются случайные события
- 3)Модель, в которой все события, в том числе, случайные ранжированы по значимости
- 4)Система непредвиденных, случайных событий

20.Дискретизация модели это процедура...

- 1)Отображения состояний объекта в заданные моменты времени
- 2)Процедура, которая состоит в преобразовании непрерывной информации в дискретную
- 3)Процедура разделения целого на части
- 4)Приведения динамического процесса к множеству статических состояний объекта

21.Свойство, при котором модели могут быть полностью или частично использоваться при создании других моделей

- 1)Универсальностью
- 2)Неопределенностью
- 3)Неизвестностью
- 4)Случайностью

22.Непрерывно-детерминированные схемы моделирования определяют...

- 1) Математическое описание системы с помощью непрерывных функций с учётом случайных факторов
- 2) Математическое описание системы с помощью непрерывных функций без учёта случайных факторов
- 3) Математическое описание системы с помощью функций непрерывных во времени
- 4) Математическое описание системы с помощью дискретно-непрерывных функций

23. Погрешность математической модели связана с ...

- 1) Несоответствием физической реальности, так как абсолютная истина недостижима
- 2) Неадекватностью модели
- 3) Неэкономичностью модели
- 4) Неэффективностью модели

14. Образовательные технологии

Реализация компетентностного подхода предусматривает использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

В учебном процессе при изучении дисциплины используются следующие формы проведения занятий:

- лекции с изложением определений основных понятий, изучаемых в рамках дисциплины, подробным описанием и доказательством наиболее важных свойств этих понятий и их взаимосвязей друг с другом;
- лабораторные занятия с подробным изучением основных свойств понятий, изучаемых в рамках дисциплины, выяснением их взаимосвязей друг с другом в примерах и практических задачах;
- индивидуальные и коллективные консультации с активным участием обучающихся по наиболее сложным частям теоретического материала дисциплины;
- самостоятельная работа по выполнению заданий по основным разделам дисциплины;
- подготовка докладов на семинарских занятиях.

15. Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Голубева, Н. В. Математическое моделирование систем и процессов : учеб. пособие / Н. В. Голубева. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2013. - 192 с. (25 экз.)
2. Павлов, С. П. Системный анализ и математические модели принятия решений : учеб. пособие для студ. всех спец. и напр. / С. П. Павлов, А. Б. Перегудов ; М-во образования и науки РФ, Саратовский гос. техн. ун-т. - Саратов : СГТУ, 2013. - 128 с. (51 экз.)
3. Поршневу, С. В. Компьютерное моделирование физических систем с использованием пакета MathCAD : учеб. пособие / С. В. Поршневу. - 2-е изд., доп. - М. : Горячая линия - Телеком, 2011. - 320 с. (20 экз.)
4. Шелухин, О. И. Моделирование информационных систем [Электронный ресурс] : учебное пособие / Шелухин О. И. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2012. - 536 с. - ISBN 978-5-9912-0193-3 : Б. ц. Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks
Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12002>

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

5. Баркалов, С. А. Исследование систем организационного управления на основе имитационных моделей [Текст] : монография / Баркалов С. А. - Саратов : Вузовское образование, 2015. - 459 с. - Б. ц. Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.
Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/29262>
6. Болдин, А. П. Основы научных исследований [Текст] : учебник / А. П. Болдин, В. А. Максимов. - М. : ИЦ "Академия", 2012. - 336 с. (5 экз.)
7. Журавлева, Т. Ю. Практикум по дисциплине «Имитационное моделирование» [Текст] / Журавлева Т. Ю. - Саратов : Вузовское образование, 2015. - 35 с. - Б. ц. Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/27380>

ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ

8. Автоматизация и современные технологии : межотрасл. науч.-техн. журн. - М. : ОАО "Машиностроение"
9. Математическое моделирование : РАН. - М. : Наука
10. Мехатроника, автоматизация, управление : теорет. и прикл. науч.-техн. журн. - М. : Новые технологии.

ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

11. http://model.exponenta.ru/lectures/sml_01.htm - Введение в дисциплину "Основы моделирования систем"
12. www.exponenta.ru – Образовательный математический сайт

13. Казиев В.М. Введение в системный анализ и моделирование Режим доступа: <http://bigc.ru/theory/books/kvisam/glava4.php> Дата обращения: 14.09.2014

ИСТОЧНИКИ ИОС

14. Учебно-методический комплекс по дисциплине «Применение методов моделирования в исследованиях и проектировании сложных систем» – Режим доступа: <https://portal3.sstu.ru/Facult/INETM/ST/09.04.01/m.1.2.4/default.aspx>

16. Материально-техническое обеспечение дисциплины

При изучении дисциплины студенты используют персональные компьютеры лабораторий кафедры СТ с установленным программным обеспечением: : Borland Turbo Delphi, Java DB 10.4.1.3, Microsoft Visual C#, Microsoft Visual C++ 2005, Microsoft Visual J# .NET, Microsoft Visual J# 2.0, Microsoft Visual J#, NetBeans IDE 6.5.