

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Горбунов Алексей Александрович

Должность: Заместитель начальника университета по учебной работе

Дата подписания: 27.08.2024 15:56:48

Уникальный программный ключ:

286e49ee1471d400cc1f45579d51ed7bbf0e9cc7

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
Учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский университет
Государственной противопожарной службы МЧС России»**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
Магистратура по направлению подготовки
27.04.03 Системный анализ и управление
направленность (профиль) «Системный анализ и управление в
организационно-технических системах»

Санкт-Петербург

1. Цели и задачи дисциплины

Цели освоения дисциплины:

- формирование основ математического моделирования;
- формирование у обучающихся теоретических знаний и практических навыков построения математических моделей различных систем, их исследование и применение для принятия управленческих решений.

Перечень компетенций, формируемых в процессе изучения дисциплины

Компетенции	Содержание
ОПК-6	способен применять методы математического, функционального и системного анализа для решения задач моделирования, исследования и синтеза автоматического управления техническими объектами
ОПК-8	способен формулировать содержательные и математические задачи исследований, выбирать методы исследований, системно анализировать, интерпретировать и представлять результаты исследований

Задачи дисциплины:

- сформировать знания по разработке и выбору математических моделей объектов, аналитических или численных методов математического моделирования, методов анализа и синтеза систем управления, алгоритмов решения задач управления в целом;
- сформировать навыки и владения технологией проведения системно-аналитических исследований объектов техники, сложных организационно-технических систем на основе методов фундаментальных наук;
- сформировать умения разработки и адаптации методов фундаментальных наук для анализа и синтеза сложных системно-аналитических комплексов и систем управления;
- сформировать навыки системного математического моделирования и системной оптимизации технических объектов на базе разработанных и имеющихся средств исследования и проектирования, включая стандартные и специализированные пакеты прикладных программ;
- сформировать умения разработки проектов сложных технических систем различного назначения, обоснование выбора аппаратно-программных средств на основе методов системного анализа, оптимизации и принятия управленческих решений;
- сформировать умения разработки проектов систем оптимального, адаптивного и робастного управления сложными техническими объектами в различных отраслях;
- формирование системного преодоления неопределенностей в моделях описания окружающей среды и технических объектов и системное управление в конфликтных ситуациях в распределенных системах;
- сформировать знания по разработке инструментальных средств реализации проектов и систем управления;

- сформировать умения применения автоматизированных систем разработки сложных систем автоматизированного управления для технологической подготовки производства;
- сформировать навыки поиска оптимальных решений при создании объектов деятельности с учетом требований качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, с использованием компьютерных технологий;
- сформировать умения ситуационного организационного управления ресурсами, процессами и технологиями управления с использованием компьютерных технологий.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Знает методы решения задач моделирования, исследования и синтеза автоматического управления техническими объектами ОПК-6.1	Знает
	основные виды и возможности математического моделирования, содержание основных этапов моделирования ОПК-6.1
	Умеет
	производить выбор методов и моделей для исследования процессов управления техническими объектами ОПК-6.1
Применяет методы математического анализа для задач моделирования, анализа и синтеза автоматического управления техническими объектами ОПК-6.2	Знает
	сущности статистического и имитационного моделирования, технологии проведения вычислительных экспериментов на моделях различных видов ОПК-6.2
	Умеет
	построить математическую модель на основе обработки экспериментальных данных, сформулировать задачу анализа модели, оценить ее качество, провести интерпретацию результатов моделирования ОПК-6.2
Владеет навыками представления результатов исследования ОПК-8.3	Знает
	приемы и средства анализа полученных на модели решений ОПК-8.3
	Умеет
	провести обработку результатов натурных и численных экспериментов ОПК-8.3

3. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части дисциплин основной профессиональной образовательной программы магистратуры по направлению подготовки 27.04.03 Системный анализ и управление, направленность (профиль) «Системный анализ и управление в организационно-технических системах»

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

4.1 Распределение трудоемкости учебной дисциплины по видам работ по семестрам и формам обучения

для заочной формы обучения

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	з.е.	час.	по курсам	
			1	2
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	5	180	36	144
Контактная работа, в том числе:		18	6	12
Аудиторные занятия		16	6	10
Лекции (Л)		6	2	4
Практические занятия (ПЗ)		10	4	6
консультация перед экзаменом		2		2
Самостоятельная работа (СРС)		153	30	123
в том числе:				
курсовая работа (проект)		+		+
Экзамен		9		9

4.2, Тематический план, структурированный по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий для заочной формы обучения

№ п.п.	Наименование разделов и тем	Всего часов	Количество часов по видам занятий			Консультация	Контроль	Самостоятельная работа, в том числе консультация
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Тема 1. Методологические основы моделирования.	12	2					10
2	Тема 2. Стохастическое аналитическое моделирование дискретных систем.	14		4				10
3	Тема 3. Моделирование динамических дискретных	10						10

	систем сетями Петри.							
	Итого за 1 курс	36	2	4				30
4	Тема 4. Имитационное моделирование.	48	2	6				40
5	Тема 5. Игровые модели.	40						40
6	Тема 6. Нечеткое моделирование.	45	2					43
	Консультация	2				2		
	Курсовая работа (проект)	+					+	
	Экзамен	9					9	
	Итого за 1 курс	144	4	6		2	9	123
	Итого	180	6	10		2	9	153

4.3 Содержание дисциплины для обучающихся:

для заочной формы обучения

Тема 1. Методологические основы моделирования.

Лекция. Понятия теории моделирования. Этапы математического моделирования. Свойства математических моделей и принципы их оценки. Принципы построения математических моделей. Типовые классы моделей.

Самостоятельная работа. Построение и исследование математической модели объекта. Математическая формализация модели объекта. Исследование влияния параметров на результаты моделирования. Интерпретация результатов математического моделирования и формирование выводов.

Назначение и области применения моделей и моделирования. Сущность принципов математического моделирования. Способы обеспечения адекватности моделей. Сущность физического моделирования. Особенности физических моделей. Сущность способов обеспечения адекватности на различных этапах моделирования.

Рекомендуемая литература:

основная [1,2]

дополнительная [1]

Тема 2. Стохастическое аналитическое моделирование дискретных систем.

Практические занятия. Разработка и исследование дискретно-стохастической модели. Разработка и исследование непрерывно-стохастической модели. Разработка моделей полумарковских процессов. Разработка и исследование моделей систем массового обслуживания и сетей массового обслуживания. Разработка моделей динамики средних.

Самостоятельная работа. Классификация вероятностных моделей. Вероятностные аналитические модели с дискретным временем. Вероятностные аналитические модели с непрерывным временем. Потоки и

их свойства. Уравнения Колмогорова для вероятностей состояний. Модели систем и сетей массового обслуживания. Модели динамики средних.

Алгоритмы функционирования и показатели качества систем и сетей массового обслуживания с приоритетами. Специальные дисциплины обслуживания заявок. Системы массового обслуживания со «взаимопомощью» между каналами. Системы массового обслуживания с ошибками. Определение надежности системы по надежности ее элементов на основе использования стохастических аналитических моделей.

Рекомендуемая литература:

основная [2]

дополнительная [1,2,4]

Тема 3. Моделирование динамических дискретных систем сетями Петри.

Самостоятельная работа.

Понятия сетей Петри. Анализ сетей Петри. Маркировка сетей Петри. Свойства сетей Петри.

Построение дерева достижимостей. Анализ сетей Петри на основе матричных уравнений. Методы моделирования развития чрезвычайных ситуаций с использованием сетей Петри. Представление ЧС в виде сети Петри. Описание модели развития ЧС.

Языки сетей Петри. Определения языков сетей Петри. Свойства языков сетей Петри. Свойства замкнутости. Расширенные и ограниченные модели сетей Петри. Границы возможностей моделирования с помощью сетей Петри. Подклассы сетей Петри.

Рекомендуемая литература:

основная [1]

дополнительная [3]

Тема 4. Имитационное моделирование.

Лекция. Основы имитационного моделирования. Концепция имитационного моделирования стохастических систем. Метод Монте-Карло. Преимущества и недостатки имитационного моделирования. Этапы имитационного моделирования. Основные элементы имитационной модели и принцип ее функционирования. Управление модельным временем в имитационной модели. Обобщенный алгоритм имитационной модели. Инструментальные средства и языки моделирования.

Практические занятия. Имитационное моделирование в среде GPSS World. Разработка и исследование имитационной модели системы массового обслуживания. Разработка и исследование дискретно-событийной имитационной модели. Разработка и исследование агентной имитационной модели. Имитационное моделирование в среде AnyLogic. Разработка и исследование системно-динамической модели в AnyLogic. Разработка и исследование дискретно-событийной имитационной модели в AnyLogic. Разработка и исследование агентной имитационной модели.

Самостоятельная работа. Формирование случайных воздействий. Качество датчиков случайных чисел. Типовые схемы имитационного моделирования. Показатели качества датчиков случайных чисел. Способы проверки качества датчиков случайных чисел. Разработка алгоритмов проверки качества датчика.

Имитационное моделирование функционирования подразделений МЧС России. Разработка структуры и плана курсовой работы. Разработка имитационной модели. Исследование модели. Оформление курсовой работы.

Рекомендуемая литература:

основная [1]

дополнительная [1,3]

Тема 5. Игровые модели.

Самостоятельная работа. Введение в теорию игр. Основные понятия игр. Методы решения матричных игр. Статические игры с полной информацией. Равновесие Нэша.

Модели, основанные на статических играх с полной информацией. Динамические игры с полной и совершенной информацией. Разработка модели статической игры с полной информацией. Вычисление равновесия Нэша. Динамические игры с полной и совершенной информацией. Понятие динамической игры. Полная и неполная, совершенная и несовершенная информация. Дерево игры. Метод обратной индукции. Стратегия в динамической игре.

Существование равновесий Нэша и смешанные стратегии. Смешанные стратегии и смешанное расширение игры. Равновесие Нэша в смешанных стратегиях. Теорема Нэша. Вычисление равновесия Нэша в смешанных стратегиях. Динамические игры с полной, но несовершенной информацией. Многоэтапные игры с наблюдаемыми действиями. Статические игры с неполной информацией. Понятие асимметричной информированности, типа игроков и природы. Байесовские игры, условия согласования, равновесие Байеса –Нэша. Аналогия между байесовской игрой и динамической игрой в развернутой форме.

Рекомендуемая литература:

основная [1,2]

дополнительная [4]

Тема 6. Нечеткое моделирование.

Лекция. Основы нечеткого моделирования. Основные понятия нечеткой логики. Операции над нечеткими множествами. Основные этапы нечеткого вывода.

Самостоятельная работа. Системы нечеткого вывода. Понятие нечеткого высказывания и нечеткого предиката. Основные логические операции с нечеткими высказываниями. Правила нечетких продукций. Использование систем нечеткого вывода в задачах управления. Построение

базы правил нечёткого вывода. Фаззификация входных переменных. Реализация алгоритма вывода в системе нечёткого вывода.

Нечёткие отношения. Операции над нечёткими отношениями. Композиция бинарных нечётких отношений. Нечёткое отображение. Принцип обобщения в теории нечётких множеств. Нечёткая и лингвистическая переменные. Нечёткие величины, числа и интервалы. Операции над нечёткими числами и интервалами. Нечёткие числа и интервалы в форме (R-L)-функций. Операции над нечёткими числами и интервалами (R-L)-типа. Основы общей теории нечёткой меры. Λ -нечёткие меры. Классификация пространств с нечёткими мерами. Нечёткие сети Петри. Основные подклассы нечётких сетей Петри. Использование нечётких сетей Петри для представления правил нечётких продукций.

Рекомендуемая литература:

основная [1]

дополнительная [2]

5. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

При реализации программы дисциплины используются лекционные и практические занятия.

Общими целями занятий являются:

- обобщение, систематизация, углубление, закрепление теоретических знаний по конкретным темам дисциплины;
- формирование умений применять полученные знания на практике, реализация единства интеллектуальной и практической деятельности;
- выработка при решении поставленных задач профессионально значимых качеств: самостоятельности, ответственности, точности, творческой инициативы.

Целями лекции являются:

- дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентируя внимание на наиболее сложных вопросах;
- стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

В ходе практического занятия обеспечивается процесс активного взаимодействия обучающихся с преподавателем; приобретаются практические навыки и умения. Цель практического занятия: углубить и закрепить знания, полученные на лекции, формирование навыков использования знаний для решения практических задач; выполнение тестовых заданий по проверке полученных знаний и умений.

Целью курсовой работы является проверка и закрепление теоретического и практического материала по всем разделам дисциплины. Содержание курсовой работы должно развивать творческую инициативу и

учитывать специфику направления подготовки обучающихся. Курсовая работа выполняется в часы самостоятельной работы.

Самостоятельная работа обучающихся направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим занятиям.

6. Оценочные материалы по дисциплине

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины, проводится в соответствии с содержанием дисциплины по видам занятий в форме тестирования.

Промежуточная аттестация обеспечивает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине, проводится в форме экзамена и написания курсовой работы.

6.1. Примерные оценочные материалы:

6.1.1. Текущего контроля

Типовые задачи:

1. Построить имитационную модель одноканальной СМО с отказами.
2. Построить имитационную модель одноканальной СМО с ограниченным ожиданием.
3. Построить имитационную модель многоканальной СМО с отказами.
4. Построить имитационную модель многоканальной СМО с ожиданием.

Типовые задания для тестирования:

1. Что такое гомоморфная модель?
2. Что такое адекватность модели?
3. Какие модели отображают процессы, в которых отсутствуют случайные воздействия?
4. Какое моделирование предполагает представление модели в виде некоторого алгоритма - компьютерной программы?
5. В чем выражаются основные недостатки проведения натурного эксперимента по сравнению с применением метода моделирования?
6. Что такое экзогенные и эндогенные переменные?
7. Чем определяется эффективность математической модели?
8. Какие источники являются источниками неопределённости математической модели?

6.1.2. Промежуточной аттестации

Примерный перечень вопросов, выносимых на экзамен

1. Основные понятия теории моделирования.
2. Содержание этапов моделирования.
3. Виды математического моделирования.
4. Классификация математических моделей.
5. Свойства математических моделей (основные, эксплуатационные)
6. Принципы построения математических моделей.
7. Разработка концептуальной модели.
8. Основы разработки математического описания модели.
9. Основные этапы исследования модели.
10. Классический подход к созданию математических моделей.
11. Системный подход к созданию математических моделей.
12. Основы описания динамических систем
13. Модели динамических систем на основе дифференциальных уравнений
14. Типовые классы моделей систем со стохастической неопределенностью.
15. Случайные процессы с дискретным временем. Марковская цепь
16. Марковский процесс с дискретными состояниями и непрерывным временем. Уравнения Колмогорова для вероятностей состояний.
17. Граф состояний. Аналитический подход к составлению уравнений Колмогорова.
18. Необходимые и достаточные условия существования предельных вероятностей состояний для уравнений Колмогорова.
19. Потоки событий. Простейший поток и его свойства.
20. Связь пуассоновских потоков событий и непрерывных Марковских цепей.
21. Процесс «гибели и размножения».
22. Потоки Пальма, Эрланга.
23. Разработка моделей полумарковских процессов.
24. Классификация систем массового обслуживания.
25. Одноканальная и многоканальная СМО с отказами.
26. Одноканальная и многоканальная СМО с ограниченным ожиданием.
27. Одноканальная и многоканальная СМО с неограниченным ожиданием.
28. Системы массового обслуживания с ограниченным временем ожидания.
29. Системы с ожиданием и относительным приоритетом.
30. Системы массового обслуживания с абсолютными приоритетами.
31. Разработка сети массового обслуживания.
32. Общий подход к разработке моделей динамики средних.
33. Принцип квазирегулярности.
34. Основные понятия сетей Петри.
35. Маркировка сетей Петри.
36. Свойства сетей Петри.

37. Анализ сетей Петри. Дерево достижимостей.
38. Анализ сетей Петри. Матричные уравнения.
39. Сущность метода статистических испытаний.
40. Этапы статистического моделирования.
41. Сущность имитационного моделирования.
42. Основные элементы имитационной модели и принцип ее функционирования.
43. Метод имитационного моделирования на основе принципа дискретных событий.
44. Метод имитационного моделирования на основе принципа дискретного времени.
45. Обобщенный алгоритм имитационной модели, построенной по способу дискретных событий.
46. Обобщенный алгоритм имитационной модели, построенной по способу дискретного шага по времени.
47. Статические игры с полной информацией
48. Равновесие Нэша.
49. Динамические игры с полной информацией.
50. Статические игры с неполной информацией.
51. Динамические игры с неполной информацией.
52. Основные понятия нечеткой логики. Понятие частичной принадлежности к множеству.
53. Основные понятия нечеткой логики. Понятие лингвистической переменной, терма, терм-множества.
54. Виды типовых функций принадлежности.
55. Операции над нечеткими множествами.
56. Основные этапы нечеткого вывода.
57. Алгоритм Мамдани.

6.1.3 Примерные темы курсовой работы

Выдается общее задание, в котором каждый обучающийся выполняет задание в соответствии со своим вариантом.

Постановка задачи и варианты индивидуальных задач для курсовой работы

В пожарной части в боевом расчете находятся отделения на основных пожарных автомобилях определенного типа (автоцистерны) и отделения на специальных пожарных автомобилях определенного типа (газодымо-защитные, автолестницы, аварийно-спасательные и др.). Их количество представлено в табл.1.

Табл.1

№ варианта	АЦ	КП	АЛ	АСО	АГДЗ	АСМ
1	6	2	1	3	1	4
2	8	2	1	3	2	5
3	5	2	1	2	1	3
4	9	3	2	4	2	6
5	6	3	2	2	2	4

6	7	3	2	3	2	3
7	8	3	2	2	2	2
8	10	4	3	2	3	4
9	9	2	2	4	2	4
10	12	2	1	3	3	5
11	5	2	1	2	1	3
12	9	3	2	4	2	6
13	5	3	2	2	1	4
14	11	3	2	3	1	3
15	5	3	2	2	2	2
16	10	6	3	3	3	6
17	5	1	1	2	2	5
18	8	2	1	3	2	4
19	5	2	1	2	1	4
20	8	3	2	4	2	6
21	5	3	2	3	1	3
22	6	2	2	3	2	5
23	8	3	2	2	1	2
24	12	3	1	3	2	4
25	7	2	1	2	3	4

На ЕДДС города поступает в случайные моменты времени поток вызовов (пожар и загорание, ликвидация аварий, ЧС, ДТП и т.п.) этих отделений, время между вызовами распределено по показательному закону. Считать, что интенсивность вызовов (по каждому виду вызовов) в течение года стационарна. Общее прогнозируемое количество вызовов в течение года представлено в табл.2.

Табл.2

№ варианта	N 1	N 1-бис	N 2	Аварийно-спасательные работы
1	820	75	15	1120
2	1054	96	28	1354
3	750	85	10	850
4	1380	120	40	1854
5	1230	110	40	1580
6	1090	115	30	1350
7	1220	110	12	950
8	1645	145	45	1957
9	820	75	15	1120
10	1254	84	31	1954
11	865	87	11	750
12	1230	97	35	1543
13	1310	104	47	1680
14	1190	115	30	1350
15	1180	110	12	950
16	1567	155	57	1957
17	770	65	35	1220
18	1054	96	28	1245
19	750	85	10	650
20	1380	120	40	1750

21	1230	110	40	1340
22	1090	115	30	1550
23	850	110	16	1650
24	1645	145	45	1856
25	1115	150	65	1750

Каждый такой вызов обслуживается определенным количеством отделений. Расписание выезда подразделений для тушения пожаров и проведения АСР на территории гарнизона представлено в табл.3.

Табл.3

	Номер (ранг) пожара:			Аварийно-спасательные работы
	Н 1	Н 1-бис	Н 2	
	Привлекаемые подразделения	Привлекаемые подразделения	Привлекаемые подразделения	Привлекаемые подразделения
ПЧ-1	АЦ пч-1; АСМ асф-1	АЦ пч-1; АЦ пч-1; КП пч-1; АСО пч-1; АСМ асф-1	АЦ пч-1; АЦ пч-1; АЦ пч-1; АЦ пч-1; КП пч-1; АЛ пч-2; АСО пч-1; АГДЗ пч-1; АСМ-1	АСМ асф-1; АСО пч-1
Итого по видам:	АЦ-1 АСМ-1	АЦ-2; КП-1; АСО-1; АСМ-1	АЦ-4; КП-1; АЛ-1; АСО-1; АГДЗ-1; АСМ-1	АСМ-1; АСО-1
Всего:	2	5	9	2

Время занятости каждого отделения складывается из времени следования (прибытия) отделения к месту вызова (t_1), времени боевой работы (включающее в себя время разведки, время проведения АСР, время развертывания сил и средств, время ликвидации, время проведения специальных работ) (t_2), а также времени возвращения в пожарную часть (t_1). Законы и их характеристики данных временных интервалов представлены в табл.4.

Табл.4

№ варианта	t_1	t_2			
		Н 1	Н 1-бис	Н 2	АСР
1	Равномерное (8-12 мин)	Нормальное $m_t=25$ мин, $\sigma=5$ мин	Нормальное $m_t=50$ мин, $\sigma=15$ мин	Нормальное $m_t=220$ мин, $\sigma=25$ мин	Нормальное $m_t=45$ мин, $\sigma=12$ мин
2	Экспоненциальное $t_{cp}=12$ мин	Нормальное $m_t=38$ мин, $\sigma=7$ мин	Нормальное $m_t=65$ мин, $\sigma=15$ мин	Нормальное $m_t=210$ мин, $\sigma=35$ мин	Нормальное $m_t=50$ мин, $\sigma=8$ мин
3	Нормальное $m_t=12$ мин, $\sigma=3$ мин	Равномерное (10-40 мин)	Равномерное (45-160 мин)	Равномерное (120-360 мин)	Треугольное $a=20$, $c=50$, $b=75$ мин
4	Треугольное $a=5$, $c=12$, $b=15$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=20$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=60$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=180$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=35$ мин
5	Равномерное (10-15 мин)	Треугольное $a=15$,	Нормальное $m_t=$	Нормальное $m_t=$	Нормальное $m_t=$

		$c = 40, b = 55$ мин	75мин, $\sigma=10$ мин	190мин, $\sigma=30$ мин	28мин, $\sigma=5$ мин
6	Экспоненциальное $t_{cp}=11$ мин	Нормальное $m_t=35$ мин, $\sigma=2$ мин	Нормальное $m_t=95$ мин, $\sigma=15$ мин	Нормальное $m_t=210$ мин, $\sigma=35$ мин	Нормальное $m_t=30$ мин, $\sigma=6$ мин
7	Нормальное $m_t=12$ мин, $\sigma=3$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=35$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=80$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=220$ мин	Треугольное $a=35$, $c=50$, $b=75$ мин
8	Равномерное (6-18 мин)	Экспоненциальное $t_{cp}=22$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=68$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=220$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=60$ мин
9	Треугольное $a=4$, $c=10$, $b=18$ мин	Нормальное $m_t=25$ мин, $\sigma=5$ мин	Нормальное $m_t=50$ мин, $\sigma=15$ мин	Нормальное $m_t=150$ мин, $\sigma=25$ мин	Нормальное $m_t=45$ мин, $\sigma=12$ мин
10	Экспоненциальное $t_{cp}=12$ мин	Нормальное $m_t=38$ мин, $\sigma=7$ мин	Нормальное $m_t=65$ мин, $\sigma=15$ мин	Нормальное $m_t=210$ мин, $\sigma=35$ мин	Нормальное $m_t=50$ мин, $\sigma=8$ мин
11	Нормальное $m_t=12$ мин, $\sigma=3$ мин	Треугольное $a=15$, $c=40$, $b=65$ мин	Равномерное (45-160 мин)	Равномерное (120-360 мин)	Равномерное (30-80 мин)
12	Экспоненциальное $t_{cp}=15$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=20$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=60$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=180$ мин	Треугольное $a=30$, $c=40$, $b=65$ мин
13	Равномерное (10-15 мин)	Нормальное $m_t=35$ мин, $\sigma=5$ мин	Нормальное $m_t=75$ мин, $\sigma=10$ мин	Нормальное $m_t=190$ мин, $\sigma=30$ мин	Нормальное $m_t=45$ мин, $\sigma=5$ мин
14	Экспоненциальное $t_{cp}=11$ мин	Нормальное $m_t=35$ мин, $\sigma=2$ мин	Нормальное $m_t=95$ мин, $\sigma=15$ мин	Нормальное $m_t=210$ мин, $\sigma=35$ мин	Нормальное $m_t=30$ мин, $\sigma=6$ мин
15	Нормальное $m_t=12$ мин, $\sigma=2$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=15$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=60$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=180$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=48$ мин
16	Треугольное $a=6$, $c=10$, $b=16$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=22$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=68$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=220$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=60$ мин
17	Равномерное (8-12 мин)	Нормальное $m_t=25$ мин, $\sigma=5$ мин	Нормальное $m_t=50$ мин, $\sigma=15$ мин	Нормальное $m_t=150$ мин, $\sigma=25$ мин	Нормальное $m_t=45$ мин, $\sigma=12$ мин
18	Экспоненциальное $t_{cp}=12$ мин	Нормальное $m_t=38$ мин, $\sigma=7$ мин	Нормальное $m_t=65$ мин, $\sigma=15$ мин	Нормальное $m_t=210$ мин, $\sigma=35$ мин	Нормальное $m_t=50$ мин, $\sigma=8$ мин
19	Нормальное $m_t=12$ мин, $\sigma=3$ мин	Равномерное (20-60 мин)	Равномерное (45-160 мин)	Равномерное (120-480 мин)	Равномерное (30-120 мин)
20	Экспоненциальное $t_{cp}=15$ мин	Треугольное $a=25$, $c=42$, $b=58$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=60$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=180$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=55$ мин
21	Равномерное (10-15 мин)	Треугольное $a=10$, $c=25$, $b=60$ мин	Нормальное $m_t=75$ мин, $\sigma=10$ мин	Нормальное $m_t=190$ мин, $\sigma=30$ мин	Нормальное $m_t=42$ мин, $\sigma=10$ мин
22	Экспоненциальное $t_{cp}=11$ мин	Нормальное $m_t=40$ мин, $\sigma=8$ мин	Нормальное $m_t=95$ мин, $\sigma=15$ мин	Нормальное $m_t=210$ мин, $\sigma=35$ мин	Нормальное $m_t=40$ мин, $\sigma=8$ мин
23	Нормальное $m_t=12$ мин, $\sigma=2$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=35$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=60$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=180$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=48$ мин
24	Равномерное (6-18 мин)	Экспоненциальное $t_{cp}=42$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=88$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=220$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=60$ мин
25	Треугольное $a=3$, $c=9$, $b=14$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=45$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=130$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=180$ мин	Экспоненциальное $t_{cp}=48$ мин

Необходимо составить имитационную модель функционирования пожарной части в течение года.

1) Модель должна обеспечить оценку значений вероятности отказа (средняя доля необслуженных вызовов среди всех поступивших), динамику числа одновременно занятых отделений (по каждому виду), значения математического ожидания времени следования (прибытия), боевой работы. Кроме того, модель должна отобразить графики следования (прибытия), боевой работы, графики изменения коэффициентов боеготовности отделений по каждому виду (определяется как отношение числа занятых отделений данного вида к общему количеству отделений данного вида).

2) Решить задачу по определению необходимого количества отделений каждого вида, чтобы обеспечить в течение года средние значения коэффициентов боеготовности не менее 0,95 (коэффициент боеготовности определяется как доля свободных от общего числа отделений каждого вида).

6.2. Шкала оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок

Система оценивания включает:

Форма контроля	Показатели оценивания	Критерии выставления оценок	Шкала оценивания
экзамен	правильность и полнота ответа	Дан правильный, полный ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний по дисциплине, доказательно раскрыты основные положения вопросов; могут быть допущены недочеты, исправленные самостоятельно в процессе ответа.	отлично
		Дан правильный, недостаточно полный ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи; могут быть допущены недочеты, исправленные с помощью преподавателя.	хорошо
		Дан недостаточно правильный и полный ответ; логика и последовательность изложения имеют нарушения; в ответе отсутствуют выводы.	удовлетворительно
		Ответ представляет собой разрозненные знания с существенными ошибками по вопросу; присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения; дополнительные и уточняющие вопросы не приводят к коррекции ответа на вопрос.	неудовлетворительно
Курсовая работа	правильность и полнота ответа	Работа выполнена самостоятельно. Содержание работы полностью отвечает заданию. Моделирование организовано оптимальным образом. Выводы по результатам исследования модели отражают выявленные закономерности. Доклад по результатам работы конкретен и содержателен. Ответы на вопросы по курсовой работе четкие и правильные.	отлично
		Работа выполнена самостоятельно. Содержание работы полностью отвечает заданию. Выводы по результатам исследования модели	хорошо

		отражают выявленные закономерности. Доклад по результатам работы конкретен и содержателен. Ответы на вопросы по курсовой работе в целом правильные, но имеются погрешности или упущения. В оформлении работы допущены не принципиальные упущения, моделирование организовано не оптимальным образом.	
		Содержание и оформление работы отвечает заданию. Составленная модель соответствует заданию. Курсовой работе присущ один или несколько недочетов следующего характера: в ходе подготовки курсовой работы потребовалась существенная помощь преподавателя; в модели допущены существенные ошибки, потребовавшие переработки программ после замечаний преподавателя; отсутствуют содержательные выводы по результатам исследования модели; доклад нечеток или не полон.	удовлетворительно
		ответ представляет собой разрозненные знания с существенными ошибками по вопросу; присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения; дополнительные и уточняющие вопросы не приводят к коррекции ответа на вопрос.	неудовлетворительно

7. Ресурсное обеспечение дисциплины

7.1. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства:

Microsoft Windows 7 Professional – ПО-ВЕ8-834 [Лицензионное]

Microsoft Office Standard 2010 – ПО-413-406 [Лицензионное]

7-Zip – ПО-F33-948 [Свободно распространяемое]

Adobe Acrobat Reader – ПО-F63-948 [Свободно распространяемое]

Google Chrome – ПО-F2C-926 [Свободно распространяемое]

МойОфис Образование – ПО-41В-124 [Свободно распространяемое - Отечественное]

7.2. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/>, доступ только после самостоятельной регистрации
2. Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/>, доступ только после самостоятельной регистрации
3. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации «Консорциум КОДЕКС» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/>, доступ только после самостоятельной регистрации
4. Электронная библиотека Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России: <http://elib.igps.ru>
5. Электронно-библиотечная система IPRBOOK: <http://www.iprbookshop.ru/>
6. Электронно-библиотечная система ЛАНЬ: <https://e.lanbook.com/>

7.3. Литература

Основная литература:

1. Советов, Б.Я. Моделирование систем учебник для вузов: [гриф Мин. обр.] / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев ; С.-Петерб. гос. электротех. ун-т. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Юрайт, 2013. - 342 с. – Режим доступа: <http://elib.igps.ru/?16&type=card&cid=ALSFR-3b1e2b94-695c-4a8c-81b3-7813798639b9&remote=false>
2. Белов, П. Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование в 3 ч. Часть 1 : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / П. Г. Белов. — М. : Издательство Юрайт, 2015. — 457 с. — (Серия : Бакалавр и магистр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-02606-1. Режим доступа: <http://elib.igps.ru/?18&type=card&cid=ALSFR-c5bfed0e-3309-411c-930d-f1fd740dbb01> (версия 2015 г.)

Дополнительная литература:

1. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Исследование операций: задачи, принципы, методология: – М.: Высшая школа, 2007. – 208 с. – Режим доступа: <http://elib.igps.ru/?20&type=card&cid=ALSFR-f9a0feeb-8eb2-482c-a277-a9e3aa4c34a0&remote=false>
2. Брушлинский Н.Н., Корольченко А.Я. Моделирование пожаров и взрывов. М.: Ассоциация «Пожарнаука», 2000. Режим доступа: <http://elib.igps.ru/?22&type=card&cid=ALSFR-5164e089-ef2c-4593-afea-72aa15071e4b>
3. Матвеев А.В., Максимов А.В. Математическое моделирование. Практикум по работе с программой имитационного моделирования GPSS WORLD. – СПб., 2014. – 61с. – Режим доступа:

<http://elib.igps.ru/?46&type=card&cid=ALSFR-66630cc1-cd66-470a-8308-38f013e7f355&remote=false>

4. Макаров Е. Инженерные расчеты в Mathcad 14. – СПб., Питер, 2007. – 592 с. – Режим доступа: <http://elib.igps.ru/?52&type=card&cid=ALSFR-e46967db-b963-4160-bcca-cea874d8d055&remote=false>

7.4 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения и обеспечения занятий используются помещения, которые представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой магистратуры, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: автоматизированное рабочее место преподавателя, маркерная доска, мультимедийный проектор, документ-камера, посадочные места обучающихся.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде университета.

Автор: к.т.н., доцент Матвеев А.В.