

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Петровская Анна Викторовна  
Должность: Директор  
Дата подписания: 28.02.2025 09:52:35  
Уникальный программный ключ:  
798bda6555fbdebe827768f6f1710bd17a9070c31fdc1b0ada5a11f0c8c5199

Приложение 6  
к основной профессиональной образовательной программе  
по направлению подготовки 09.03.03 Прикладная  
информатика  
направленность (профиль) программы Прикладная  
информатика в экономике

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова»**

**Краснодарский филиал РЭУ им. Г. В. Плеханова**

Факультет экономики, менеджмента и торговли

Кафедра экономики и цифровых технологий

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

по дисциплине **Математическое и имитационное моделирование**

**Направление подготовки 09.03.03 Прикладная информатика**

**Направленность (профиль) программы Прикладная информатика в экономике**

**Уровень высшего образования Бакалавриат**

Год начала подготовки – 2024

Краснодар – 2024 г.

Составитель:

Старший преподаватель кафедры экономики и цифровых технологий Л.А. Винсковская

Оценочные материалы одобрены на заседании кафедры экономики и цифровых технологий Краснодарского филиала РЭУ им. Г.В. Плеханова протокол № 9 от 14 марта 2024 г.

Оценочные материалы составлены на основе рабочей программы по дисциплине «Математическое и имитационное моделирование», утвержденной на заседании базовой кафедры Математических методов в экономике федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский экономический университета имени Г.В. Плеханова» протокол № 12 от 28 апреля 2021г., разработанной авторами:

Щукиной Н.А., доцентом, к.т.н., доцентом кафедры математических методов в экономике

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

### По дисциплине Математическое и имитационное моделирование

### ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ С УКАЗАНИЕМ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ И ЭТАПОВ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции (код и наименование компетенции)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование индикатора)	Результаты обучения (знания, умения)	Наименование контролируемых разделов и
УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.2. Выбирает оптимальные способы решения задач, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.2. 3-1. <b>Знает</b> основные методы принятия решений, в том числе в условиях риска и неопределенности	Тема 3. Теоретические основы и инструментальные средства имитационного моделирования
		УК-2.2. У-1. <b>Умеет</b> проводить многофакторный анализ элементов предметной области для выявления ограничений при принятии решений	Тема 3. Теоретические основы и инструментальные средства имитационного моделирования
ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Формализует стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и инженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	ОПК-1.1. 3-1. <b>Знает</b> основные понятия и определения базовых разделов экономики, математики, статистики, вычислительной техники, программирования	Тема 3. Теоретические основы и инструментальные средства имитационного моделирования Тема 4. Моделирование дискретно-событийных систем Тема 6. Методы агентного моделирования
		ОПК-1.1. У-1. <b>Умеет</b> осуществлять сбор, систематизацию, формализацию, интерпретацию, первичную обработку и анализ данных для исследования конкретных экономических ситуаций, используя методы математического, статистического, экономического анализа и моделирования	Тема 4. Моделирование дискретно-событийных систем
ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	ОПК-1.2. Применяет естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования для решения профессиональных задач	ОПК-1.2. 3-1. <b>Знает</b> основные методы исследования, приемы и инструменты математического, статистического, экономического анализа и моделирования	Тема 1. Основные понятия математического и имитационного моделирования систем и процессов Тема 2. Модели биологических аналогий Тема 4. Моделирование дискретно-событийных систем
		ОПК-1.2. У-1. <b>Умеет</b> решать прикладные задачи, используя естественнонаучные и инженерные знания, методы оптимизации, методы	Тема 2. Модели биологических аналогий Тема 4. Моделирование дискретно-событийных систем Тема 6. Методы агентного

		математического анализа и моделирования	моделирования
		ОПК-1.2. У-4. <b>Умеет</b> использовать математические методы и модели, адекватные целям и задачам и интерпретировать полученные результаты применительно к моделируемой системе	Тема 2. Модели биологических аналогий Тема 4. Моделирование дискретно-событийных систем Тема 5. Методы системной динамики Тема 6. Методы агентного моделирования
ОПК-6. Способен анализировать и разрабатывать организационно-технические и экономические процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования	ОПК-6.1. Применяет и адаптирует методы теории систем и системного анализа, математического, статистического и имитационного моделирования, методы исследования математических моделей для автоматизации задач принятия решений	ОПК-6.1. 3-3. <b>Знает</b> основные понятия, используемые для математического описания задач профессиональной деятельности и современный математический инструментарий	Тема 1. Основные понятия математического и имитационного моделирования систем и процессов Тема 3. Теоретические основы и инструментальные средства имитационного моделирования
		ОПК-6.1. У-1. <b>Умеет</b> анализировать и интерпретировать результаты расчетов по построенным математическим моделям в рамках поставленных профессиональных задач	Тема 3. Теоретические основы и инструментальные средства имитационного моделирования Тема 4. Моделирование дискретно-событийных систем Тема 5. Методы системной динамики
ОПК-6. Способен анализировать и разрабатывать организационно-технические и экономические процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования	ОПК-6.2. Применяет и адаптирует экономико-математические модели для принятия оптимальных управленческих решений	ОПК-6.2. 3-1. <b>Знает</b> традиционные и современные подходы к принятию управленческих решений на основе применения методов оптимизации	Тема 5. Методы системной динамики
		ОПК-6.2. У-2. <b>Умеет</b> использовать различные модели и методы принятия управленческих решений и проводить комплексный анализ динамических экономических процессов для принятия научно-обоснованных решений	Тема 5. Методы системной динамики
		ОПК-6.2. У-3. <b>Умеет</b> осуществлять анализ альтернативных вариантов с целью принятия рациональных решений	Тема 5. Методы системной динамики

# МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

## Перечень учебных заданий на аудиторных занятиях

### Перечень вопросов для проведения опроса

#### Тема 1. Основные понятия математического и имитационного моделирования систем и процессов

1. Понятие модели и моделирования.
2. Классификация моделей. Типы моделирующих отношений.
3. Области применения имитационного моделирования.
4. Основные положения имитационного моделирования.
5. Достоинства и недостатки имитационного моделирования.
6. Пути реализации имитационных моделей.
7. Что общего в процедурах оценки адекватности и верификации имитационной модели?
8. Что является мерой точности полученных результатов моделирования и как можно повысить точность результатов моделирования?

#### Тема 2. Модели биологических аналогий

1. Найдите аналогии поведения бактерий с результатами взаимодействия хозяйственной деятельности людей с окружающей средой.
2. Какое дифференциальное уравнение описывает модель естественного роста? Какие процессы моделирует данное уравнение?
3. Что такое логистическая кривая? Какие процессы она описывает?
4. Приведите примеры непрерывных и дискретных моделей популяции.
5. Приведите примеры обобщенных моделей взаимодействия двух видов.

#### Тема 3. Теоретические основы и инструментальные средства имитационного моделирования

1. Сформулируйте основные методы моделирования случайных чисел.
2. Почему алгоритмические датчики правильно называть датчиками псевдослучайных чисел?
3. Сформулируйте простейшую схему статистического моделирования.
4. Что называется верхней границей ошибки и вероятной ошибкой в методе статистического моделирования?
5. В чем состоит отличие времени моделирования от модельного времени?
6. Сформулируйте алгоритмы продвижения модельного времени.
7. От чего зависит выбор метода реализации механизма модельного времени?
8. Имитационная модель оценки риска инвестиционного проекта по производству продукта.

#### Тема 4. Моделирование дискретно-событийных систем

1. В каких терминах осуществляется формализация модели при дискретно-событийном подходе?
2. Какова практическая применимость имитационных моделей для СМО?
3. Какова последовательность построения имитационной модели СМО? Какие компоненты целесообразно иметь в модели?
4. Что собой представляет система связи как СМО?
5. Какова методика создания оптимизационного эксперимента при моделировании СМО?

#### Тема 5. Методы системной динамики

1. Сформулируйте основные концепции системной динамики.
2. Последовательность этапов системно-динамического моделирования.
3. Построение концептуальных моделей экономических систем и процессов.
4. Поясните возможности языка потоковых диаграмм и диаграмм причинно-следственных связей для описания общей структуры и динамики сложной системы. Охарактеризуйте плюсы и минусы этих графовых представлений динамической системы.

5. Следует ли из отрицательности всех полуконтуров знакового орграфа его абсолютная устойчивость для всех простых импульсных процессов?
6. Может ли взвешенный орграф содержать контуры, если его собственные значения равны 0? Привести пример.
7. Используя теорию обобщенных роз, объяснить, почему они обычно неустойчивы, если большинство контуров имеет одинаковый знак?
8. Поясните смысл абсолютной и импульсной устойчивости в моделях экологических систем.
9. «Паутинообразная» модель фирмы (равновесие на конкурентном рынке).
10. Опишите подход к проектированию интегрированной системно-динамической модели крупной нефтяной компании.
11. В чем преимущества использования методов системной динамики для разработки стратегии банковской группы?
12. С помощью каких показателей (KPI) можно оценить эффективность стратегии, эффективность бизнес-процессов в каждом сегменте динамической модели предприятия? Что дает в управлении и формировании стратегии развития предприятия анализ динамики этих показателей?

## Тема 6. Методы агентного моделирования

1. В чем суть агентного моделирования? Какое значение имеет карта состояний в агентном моделировании?
2. Сформулируйте основные понятия агентного моделирования.
3. Сформулируйте типичные свойства агента.
4. Как при мультиагентном моделировании реализуется взаимодействие агентов друг с другом и внешней средой?
5. Как можно представить пространственную динамику агентов?
6. Опишите процедуру разработки агентной модели в AnyLogic.
7. Опишите подход к проектированию агентной модели поведения толпы людей. Каким образом можно реализовать экономическую динамику агентов с учетом их взаимодействия?

## Критерии оценки (в баллах) по каждой теме отдельно:

**20 баллов** выставляется обучающемуся, если **верно и в полном объеме** знает основные методы принятия решений, в том числе в условиях риска и неопределенности; основные понятия и определения базовых разделов экономики, математики, статистики, вычислительной техники, программирования; основные методы исследования, приемы и инструменты математического, статистического, экономического анализа и моделирования; основные понятия, используемые для математического описания задач профессиональной деятельности и современный математический инструментарий; традиционные и современные подходы к принятию управленческих решений на основе применения методов оптимизации; **верно и в полном объеме умеет** проводить многофакторный анализ элементов предметной области для выявления ограничений при принятии решений; осуществлять сбор, систематизацию, формализацию, интерпретацию, первичную обработку и анализ данных для исследования конкретных экономических ситуаций, используя методы математического, статистического, экономического анализа и моделирования; решать прикладные задачи, используя естественнонаучные и общеинженерные знания, методы оптимизации, методы математического анализа и моделирования; использовать математические методы и модели, адекватные целям и задачам и интерпретировать полученные результаты применительно к моделируемой системе; анализировать и интерпретировать результаты расчетов по построенным математическим моделям в рамках поставленных профессиональных задач; использовать различные модели и методы принятия управленческих решений и проводить комплексный анализ динамических экономических процессов для принятия научно-обоснованных решений; осуществлять анализ альтернативных вариантов с целью принятия рациональных решений.

**17 баллов** выставляется обучающемуся, если **незначительными замечаниями** знает основные методы принятия решений, в том числе в условиях риска и неопределенности; основные понятия и определения базовых разделов экономики, математики, статистики, вычислительной техники, программирования; основные методы исследования, приемы и инструменты математического, статистического, экономического анализа и моделирования; основные понятия, используемые для математического описания задач профессиональной деятельности и современный математический инструментарий; традиционные и современные подходы к принятию управленческих решений на основе применения методов оптимизации; **с незначительными замечаниями умеет** проводить многофакторный анализ элементов предметной области для выявления ограничений при принятии решений; осуществлять сбор, систематизацию, формализацию, интерпретацию, первичную обработку и анализ данных для исследования конкретных экономических ситуаций, используя методы математического, статистического, экономического анализа и моделирования; решать прикладные задачи, используя естественнонаучные и общеинженерные знания, методы оптимизации, методы

математического анализа и моделирования; использовать математические методы и модели, адекватные целям и задачам и интерпретировать полученные результаты применительно к моделируемой системе; анализировать и интерпретировать результаты расчетов по построенным математическим моделям в рамках поставленных профессиональных задач; использовать различные модели и методы принятия управленческих решений и проводить комплексный анализ динамических экономических процессов для принятия научно-обоснованных решений; осуществлять анализ альтернативных вариантов с целью принятия рациональных решений

**14 баллов** выставляется обучающемуся, если на базовом уровне, с ошибками знает основные методы принятия решений, в том числе в условиях риска и неопределенности; основные понятия и определения базовых разделов экономики, математики, статистики, вычислительной техники, программирования; основные методы исследования, приемы и инструменты математического, статистического, экономического анализа и моделирования; основные понятия, используемые для математического описания задач профессиональной деятельности и современный математический инструментарий; традиционные и современные подходы к принятию управленческих решений на основе применения методов оптимизации; **на базовом уровне, с ошибками умеет** проводить многофакторный анализ элементов предметной области для выявления ограничений при принятии решений; осуществлять сбор, систематизацию, формализацию, интерпретацию, первичную обработку и анализ данных для исследования конкретных экономических ситуаций, используя методы математического, статистического, экономического анализа и моделирования; решать прикладные задачи, используя естественнонаучные и общинженерные знания, методы оптимизации, методы математического анализа и моделирования; использовать математические методы и модели, адекватные целям и задачам и интерпретировать полученные результаты применительно к моделируемой системе; анализировать и интерпретировать результаты расчетов по построенным математическим моделям в рамках поставленных профессиональных задач; использовать различные модели и методы принятия управленческих решений и проводить комплексный анализ динамических экономических процессов для принятия научно-обоснованных решений; осуществлять анализ альтернативных вариантов с целью принятия рациональных решений

**0 баллов** выставляется обучающемуся, если на базовом уровне не знает основные методы принятия решений, в том числе в условиях риска и неопределенности; основные понятия и определения базовых разделов экономики, математики, статистики, вычислительной техники, программирования; основные методы исследования, приемы и инструменты математического, статистического, экономического анализа и моделирования; основные понятия, используемые для математического описания задач профессиональной деятельности и современный математический инструментарий; традиционные и современные подходы к принятию управленческих решений на основе применения методов оптимизации; **на базовом уровне не умеет** проводить многофакторный анализ элементов предметной области для выявления ограничений при принятии решений; осуществлять сбор, систематизацию, формализацию, интерпретацию, первичную обработку и анализ данных для исследования конкретных экономических ситуаций, используя методы математического, статистического, экономического анализа и моделирования; решать прикладные задачи, используя естественнонаучные и общинженерные знания, методы оптимизации, методы математического анализа и моделирования; использовать математические методы и модели, адекватные целям и задачам и интерпретировать полученные результаты применительно к моделируемой системе; анализировать и интерпретировать результаты расчетов по построенным математическим моделям в рамках поставленных профессиональных задач; использовать различные модели и методы принятия управленческих решений и проводить комплексный анализ динамических экономических процессов для принятия научно-обоснованных решений; осуществлять анализ альтернативных вариантов с целью принятия рациональных решений

## Задания для творческого рейтинга

### Комплект заданий для выполнения индивидуального проекта

Индикаторы достижения: ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-6.1

#### Вариант 1

##### Постановка задачи

Направление связи состоит из  $n_1$  основных,  $n_2$  резервных каналов связи, общего накопителя емкостью на  $L$  сообщений,  $n$  источников. Интервалы  $T_1, T_2, \dots, T_n$  поступления

сообщений случайные. При нормальной работе сообщения передаются по основным каналам. Время  $T_{п1}, T_{п2}, \dots, T_{пn}$  передачи случайное.

Основные каналы подвержены отказам. Интервалы времени  $T_{от1}, T_{от2}, \dots, T_{отn1}$  между отказами случайные. Если отказ происходит во время передачи, то отыскивается исправный и свободный основной канал. Если такого нет, включается один из резервных каналов, если он исправен и свободен. Время  $T_{вк1}, T_{вк2}, \dots, T_{вкn2}$  включения постоянное для соответствующего канала. Сообщение, передача которого была прервана, передается по включенному резервному каналу. Время  $T_{пр1}, T_{пр2}, \dots, T_{прn2}$  передачи случайное.

Отказавший основной канал восстанавливается. Время  $T_{в1}, T_{в2}, \dots, T_{вn1}$  восстановления случайное. После восстановления резервный канал выключается, и восстановленный канал продолжает работу с передачи очередного сообщения.

Резервные каналы также подвержены отказам. Интервалы времени  $T_{отр1}, T_{отр2}, \dots, T_{отрn2}$  между отказами случайные. Отказавший резервный канал восстанавливается. Время  $T_{вр1}, T_{вр2}, \dots, T_{врn2}$  восстановления случайное. Для прерванного сообщения отыскивается возможность передачи по любому исправному и свободному каналу.

В случае полного заполнения накопителя, поступающие сообщения теряются.

#### **Задание на исследование**

Разработать имитационную модель функционирования направления связи. Исследовать влияние емкости  $L$  накопителя, интервалов времени поступления сообщений на время передачи направлением связи  $N$  сообщений. Провести дисперсионный анализ. Факторы и их уровни выбрать самостоятельно. Результаты моделирования необходимо получить с точностью  $\varepsilon = 0,1$  и доверительной вероятностью  $\alpha = 0,95$ .

Сделать выводы о загруженности каналов связи и необходимых мерах по повышению эффективности функционирования направления связи

### **Вариант 2**

#### **Постановка задачи**

Направление связи состоит из  $n_1$  основных,  $n_2$  резервных каналов связи, общего накопителя емкостью на  $L$  сообщений,  $n$  источников. Интервалы  $T_1, T_2, \dots, T_n$  поступления сообщений случайные. При нормальной работе сообщения передаются по основным каналам. Время  $T_{п1}, T_{п2}, \dots, T_{пn}$  передачи случайное.

Основные каналы подвержены отказам. Интервалы времени  $T_{от1}, T_{от2}, \dots, T_{отn1}$  между отказами случайные. Если отказ происходит во время передачи, то отыскивается исправный и свободный основной канал. Если такого нет, включается один из резервных каналов, если он исправен и свободен. Время  $T_{вк1}, T_{вк2}, \dots, T_{вкn2}$  включения постоянное для соответствующего канала. Сообщение, передача которого была прервана, передается по включенному резервному каналу. Время  $T_{пр1}, T_{пр2}, \dots, T_{прn2}$  передачи случайное.

Отказавший основной канал восстанавливается. Время  $T_{в1}, T_{в2}, \dots, T_{вn1}$  восстановления случайное. После восстановления резервный канал выключается, и восстановленный канал продолжает работу с передачи очередного сообщения.

Резервные каналы также подвержены отказам. Интервалы времени  $T_{отр1}, T_{отр2}, \dots, T_{отрn2}$  между отказами случайные. Отказавший резервный канал восстанавливается. Время  $T_{вр1}, T_{вр2}, \dots, T_{врn2}$  восстановления случайное. Для прерванного сообщения отыскивается возможность передачи по любому исправному и свободному каналу.

В случае полного заполнения накопителя, поступающие сообщения теряются.

#### **Задание на исследование**

Разработать имитационную модель функционирования направления связи. Исследовать влияние емкости накопителя, интервалов времени поступления сообщений и количества каналов на вероятность отказа в передаче сообщений от каждого источника и по направлению связи в целом. Время моделирования –  $T$  часов. Провести дисперсионный анализ. Факторы и их уровни выбрать самостоятельно.



Сделать выводы о загруженности каналов связи и необходимых мерах по повышению эффективности функционирования направления связи.

### **Вариант 3**

#### **Постановка задачи**

Направление связи состоит из  $n_1$  основных,  $n_2$  резервных каналов связи, общего накопителя емкостью на  $L$  сообщений,  $n$  источников. Интервалы  $T_1, T_2, \dots, T_n$  поступления сообщений случайные. При нормальной работе сообщения передаются по основным каналам. Время  $T_{p1}, T_{p2}, \dots, T_{pn}$  передачи случайные.

Основные каналы подвержены отказам. Интервалы времени  $T_{ot1}, T_{ot2}, \dots, T_{otn1}$  между отказами случайные. Если отказ происходит во время передачи, отыскивается исправный и свободный основной канал. Если такого нет, включается один из резервных каналов, если он исправен и свободен. Время  $T_{vk1}, T_{vk2}, \dots, T_{vkn2}$  включения постоянное для соответствующего канала. Сообщение, передача которого была прервана, передается по включенному резервному каналу. Время  $T_{pr1}, T_{pr2}, \dots, T_{prn2}$  передачи случайное. Отказавший основной канал восстанавливается. Время  $T_{v1}, T_{v2}, \dots, T_{vn1}$  восстановления случайное. После восстановления резервный канал выключается, и восстановленный канал продолжает работу с передачи очередного сообщения.

Резервные каналы также подвержены отказам. Интервалы времени  $T_{otr1}, T_{otr2}, \dots, T_{otrn2}$  между отказами случайные. Отказавший резервный канал восстанавливается. Время  $T_{vr1}, T_{vr2}, \dots, T_{vrn2}$  восстановления случайное. Для прерванного сообщения отыскивается возможность передачи по любому исправному и свободному каналу.

Сообщения источника 1 обладают абсолютным приоритетом по отношению к сообщениям других источников. Вследствие этого, если при поступлении сообщения от источника 1 все каналы заняты также передачей сообщений от источника 1, то прерывания не происходит, и заявка считается потерянной. Если же есть передача сообщений от других источников, то передача любого из них прерывается и начинается передача сообщения от источника 1. Сообщения более низких категорий теряются. В случае полного заполнения накопителя, поступающие сообщения теряются.

#### **Задание на исследование**

Разработать имитационную модель функционирования направления связи в течение  $T$  часов. Исследовать влияние емкости накопителя, интервалов времени поступления сообщений и количества каналов на вероятность отказа в передаче сообщений от каждого источника и по направлению связи в целом.

Провести дисперсионный анализ. Факторы и их уровни выбрать самостоятельно. Результаты моделирования необходимо получить с точностью  $\varepsilon = 0,01$  и доверительной вероятностью  $\alpha = 0,95$ .

Сделать выводы о загруженности каналов связи и необходимых мерах по повышению эффективности функционирования направления связи.

### **Вариант 4**

#### **Постановка задачи**

Предприятие имеет  $n_1$  цехов, производящих  $n_1$  типов блоков, т. е. каждый цех производит блоки одного типа. Интервалы выпуска блоков  $T_1, T_2, \dots, T_{n1}$  – случайные. Из  $n_1$  блоков собирается одно изделие.

Перед сборкой каждый тип блоков проверяется на  $n_{11}, n_{12}, \dots, n_{1n}$  соответствующих постах. Длительности контроля одного соответствующего блока  $T_{11}, T_{12}, \dots, T_{1n}$  – случайные. На каждом посту бракуется  $q_{11}, q_{12}, \dots, q_{1n}$  % блоков соответственно. Эти блоки в дальнейшем процессе сборки не участвуют и удаляются с постов контроля.

Прошедшие контроль, т. е. не забракованные блоки поступают на один из  $n_2$  пунктов сборки. На каждом пункте сборки одновременно собирается только одно изделие. Сборка

начинается только тогда, когда имеются все необходимые  $n_1$  блоков различных типов. Время сборки  $T_c$  случайное.

После сборки изделие поступает на один из  $n_3$  стендов выходного контроля. На одном стенде одновременно проверяется только одно изделие. Время проверки  $T_p$  случайное. По результатам проверки бракуется  $q_2$  % изделий.

Забракованное изделие направляется в цех сборки, где неработоспособные блоки заменяются новыми. Время замены  $T_3$  случайное. После замены блоков изделие вновь поступает на один из стендов выходного контроля.

Прошедшие стенд выходного контроля изделия поступают в отдел военной приемки. Время приемки  $T_{пр}$  одного изделия случайное. По результатам приемки бракуется  $q_4$  % изделий, которые направляются вновь на стенд выходного контроля.

Принятые военной приемкой изделия направляются на склад.

#### **Задание на исследование**

Разработать имитационную модель функционирования предприятия. Исследовать влияние интервалов выпуска блоков из цехов на количество и среднее время подготовки изделий, принятых военной приемкой в течение недели.

Провести дисперсионный анализ. Факторы и их уровни выбрать самостоятельно. Результаты моделирования необходимо получить с точностью  $\varepsilon = 1$  и доверительной вероятностью  $\alpha = 0,95$ .

Сделать выводы о загруженности подразделений предприятия и необходимых мерах по повышению эффективности их функционирования.

### **Вариант 5**

#### **Постановка задачи**

Предприятие имеет  $n_1$  цехов, производящих  $n_1$  типов блоков, т. е. каждый цех производит блоки одного типа. Интервалы выпуска блоков  $T_1, T_2, \dots, T_{n_1}$  – случайные. Из  $n_1$  блоков собирается одно изделие.

Перед сборкой каждый тип блоков проверяется на  $n_{11}, n_{12}, \dots, n_{1n}$  соответствующих постах. Длительности контроля одного соответствующего блока  $T_{11}, T_{12}, \dots, T_{1n}$  – случайные. На каждом посту бракуется  $q_{11}, q_{12}, \dots, q_{1n}$  % блоков соответственно. Эти блоки в дальнейшем процессе сборки не участвуют и удаляются с постов контроля.

Прошедшие контроль, т. е. не забракованные блоки поступают на один из  $n_2$  пунктов сборки. На каждом пункте сборки одновременно собирается только одно изделие. Сборка начинается только тогда, когда имеются все необходимые  $n_1$  блоков различных типов. Время сборки  $T_c$  случайное.

После сборки изделие поступает на один из  $n_3$  стендов выходного контроля. На одном стенде выходного контроля одновременно может проверяться только одно собранное изделие. Время проверки  $T_p$  случайное. По результатам проверки бракуется  $q_2$  % изделий.

Забракованное изделие направляется в цех сборки, где неработоспособные блоки заменяются новыми. Время замены  $T_3$  случайное. После замены блоков изделие вновь поступает на один из стендов выходного контроля.

Прошедшие стенд выходного контроля изделия поступают в отдел военной приемки. Время приемки  $T_{пр}$  одного изделия случайное. По результатам приемки бракуется  $q_4$  % изделий, которые направляются вновь на стенд выходного контроля.

Принятые военной приемкой изделия направляются на склад.

#### **Задание на исследование**

Разработать имитационную модель функционирования предприятия. Исследовать влияние интервалов выпуска блоков из цехов и их качества на время выпуска принятых военной приемкой  $N$  изделий.

Провести дисперсионный анализ. Факторы и их уровни выбрать самостоятельно. Результаты моделирования необходимо получить с точностью  $\varepsilon = 0,1$  и доверительной вероятностью  $\alpha = 0,95$ .

Сделать выводы о загруженности подразделений предприятия и необходимых мерах по повышению эффективности его функционирования.

## **Вариант 6**

### **Постановка задачи**

Предприятие имеет  $n_1$  цехов, производящих  $n_1$  типов блоков, т. е. каждый цех производит блоки одного типа. Интервалы выпуска блоков  $T_1, T_2, \dots, T_{n_1}$  – случайные. Из  $n_1$  блоков собирается одно изделие.

Перед сборкой каждый тип блоков проверяется на  $n_{11}, n_{12}, \dots, n_{1n}$  соответствующих постах. Длительности контроля одного соответствующего блока  $T_{11}, T_{12}, \dots, T_{1n}$  – случайные. На каждом посту бракуется  $q_{11}, q_{12}, \dots, q_{1n}$  % блоков соответственно. Эти блоки в дальнейшем процессе сборки не участвуют и удаляются с постов контроля.

Прошедшие контроль, т. е. не забракованные блоки поступают на один из  $n_2$  пунктов сборки. На каждом пункте сборки одновременно собирается только одно изделие. Сборка начинается только тогда, когда имеются все необходимые  $n_1$  блоков различных типов. Время сборки  $T_c$  случайное.

После сборки изделие поступает на один из  $n_3$  стендов выходного контроля. На одном стенде одновременно проверяется одно изделие. Время проверки  $T_p$  случайное. По результатам проверки бракуется  $q_2$  % изделий. Причиной брака может быть от одного до  $q_3$  блоков.

Забракованное изделие направляется в цех сборки, где неработоспособные блоки заменяются новыми. Время замены  $T_3$  одного блока случайное. После замены блоков изделие вновь поступает на один из стендов выходного контроля. Блоки, которые были заменены только один раз, вновь направляются на соответствующие посты входного контроля. Блоки, замененные более одного раза, в дальнейшем в процессе сборки изделия не участвуют и удаляются.

Прошедшие стенд выходного контроля изделия поступают в отдел военной приемки. Время приемки  $T_{пр}$  одного изделия случайное. По результатам приемки бракуется  $q_4$  % изделий, которые направляются вновь на стенд выходного контроля и снова проверяются.

Принятые военной приемкой изделия направляются на склад.

### **Задание на исследование**

Разработать имитационную модель функционирования предприятия. Исследовать влияние качества изготовления блоков на количество принятых военной приемкой изделий в течение недели (42 часов).

Провести дисперсионный анализ. Факторы и их уровни выбрать самостоятельно. Результаты моделирования необходимо получить с точностью  $\varepsilon = 1$  и доверительной вероятностью  $\alpha = 0,99$ .

Сделать выводы о загруженности подразделений предприятия и необходимых мерах по повышению эффективности его функционирования.

## **Вариант 7**

### **Постановка задачи**

На вычислительный комплекс коммутации сообщений (ВККС) поступают сообщения от  $n_1$  абонентов с интервалами времени  $T_1, T_2, \dots, T_{n_1}$ . Сообщения могут быть  $n_2$  категорий с вероятностями  $p_1, p_2, \dots, p_{n_2}$  ( $p_1 + p_2 + \dots + p_{n_2} = 1$ ) и вычислительными сложностями  $S_1, S_2, \dots, S_{n_2}$  операций (оп) соответственно. Вычислительные сложности случайные. Сообщения 1-й категории обладают относительным приоритетом по отношению к сообщениям остальных категорий. ВККС имеет входной накопитель емкостью  $L_1$  байт для хранения сообщений, ожидающих передачи. В буфере сообщения размещаются в соответствии с приоритетом.

ВККС обрабатывает сообщения с производительностью  $Q$  оп/с. После обработки сообщения передаются по  $n_3$  направлениям, каждое из которых имеет  $k_1, k_2, \dots, k_{n_3}$  каналов

связи. Вероятности передачи сообщений по направлениям от любого источника  $p_1, p_2, \dots, p_{n3}$  ( $p_1+p_2+\dots+p_{n3} = 1$ ). Скорость передачи  $V$  бит/с.

Если после обработки сообщения все каналы связи направления заняты, то обработанное сообщение помещается в накопитель каналов связи, если в нем есть место. При отсутствии места в накопителе каналов связи сообщение теряется. Емкость накопителя каналов связи ограничена  $L_2$  сообщениями.

ВККС и каналы связи имеют конечную надежность. Интервалы времени  $T_{от1}$  и  $T_{от2}$  между отказами ВККС и каналов связи случайные. Длительности восстановления  $T_{в1}$  и  $T_{в2}$  ВККС и каналов связи случайные.

При отказе канала связи передаваемые сообщения 1-й категории сохраняются в накопителе каналов, если в нем есть место. При выходе из строя ВККС с вероятностью  $P_c$  все сообщения в накопителе ВККС и накопителе каналов связи сохраняются, обрабатываемое сообщение теряется, а прием ВККС и передача сообщений по каналам связи прекращается. Поступающие в это время сообщения теряются.

#### **Задание на исследование**

Разработать имитационную модель функционирования ВККС. Исследовать влияние емкостей входных накопителей, интервалов времени и вероятностей на время передачи  $N$  сообщений и среднее время обработки одного сообщения.

Провести дисперсионный анализ. Факторы и их уровни выбрать самостоятельно. Результаты моделирования необходимо получить с точностью  $\varepsilon = 0,1$  и доверительной вероятностью  $\alpha = 0,99$ .

Сделать выводы о загруженности элементов ВККС и необходимых мерах по повышению эффективности его функционирования.

### **Вариант 8**

#### **Постановка задачи**

На вычислительный комплекс коммутации сообщений (ВККС) поступают сообщения от  $n_1$  абонентов с интервалами времени  $T_1, T_2, \dots, T_{n1}$ . Сообщения могут быть  $n_2$  категорий с вероятностями  $p_1, p_2, \dots, p_{n2}$  ( $p_1+p_2+\dots+p_{n2} = 1$ ) и вычислительными сложностями  $S_1, S_2, \dots, S_{n2}$  операций (оп) соответственно. Вычислительные сложности случайные. ВККС имеет входной накопитель емкостью  $L_1$  байт для хранения сообщений, ожидающих передачи. Сообщения 1-й категории обладают относительным приоритетом по отношению к сообщениям остальных категорий при обработке на ВККС. В буфере сообщения размещаются в соответствии с приоритетом.

ВККС обрабатывает сообщения с производительностью  $Q$  оп/с. После обработки сообщения передаются по  $n_3$  направлениям, каждое из которых имеет  $k_1, k_2, \dots, k_{n3}$  каналов связи. Вероятности передачи сообщений по направлениям от любого источника  $p_1, p_2, \dots, p_{n3}$  ( $p_1+p_2+\dots+p_{n3} = 1$ ). Скорость передачи  $V$  бит/с.

Если после обработки сообщения все каналы связи направления заняты, то обработанное сообщение помещается в накопитель каналов связи, если в нем есть место. При отсутствии места в накопителе каналов связи сообщение теряется. Емкость накопителя каналов связи ограничена  $L_2$  сообщениями.

ВККС и каналы связи имеют конечную надежность. Интервалы времени  $T_{от1}$  и  $T_{от2}$  между отказами ВККС и каналов связи случайные. Длительности восстановления  $T_{в1}$  и  $T_{в2}$  ВККС и каналов связи случайные.

При отказе канала связи передаваемые сообщения 1-й категории сохраняются в накопителе каналов, если в нем есть место. При выходе из строя ВККС с вероятностью  $P_c$  все сообщения в накопителе ВККС и накопителе каналов связи сохраняются, обрабатываемое сообщение теряется, а прием ВККС и передача сообщений по каналам связи прекращается. Все поступающие в это время сообщения теряются.

#### **Задание на исследование**

Разработать имитационную модель функционирования ВККС. Исследовать влияние емкостей входных накопителей, интервалов времени, вероятностей,  $Q$  и  $V_{п}$  на вероятности передачи сообщений по категориям и в целом через ВККС в течение  $T$  часов. Провести дисперсионный анализ. Факторы и их уровни выбрать самостоятельно. Результаты моделирования необходимо получить с точностью  $\varepsilon = 0,01$  и доверительной вероятностью  $\alpha = 0,99$ .

Сделать выводы о загруженности элементов ВККС и необходимых мерах по повышению эффективности его функционирования.

## **Вариант 9**

### **Постановка задачи**

На вычислительный комплекс коммутации сообщений (ВККС) поступают сообщения от  $n_1$  абонентов с интервалами времени  $T_1, T_2, \dots, T_{n_1}$ . Сообщения могут быть  $n_2$  категорий с вероятностями  $p_1, p_2, \dots, p_{n_2}$  ( $p_1 + p_2 + \dots + p_{n_2} = 1$ ) и вычислительными сложностями  $S_1, S_2, \dots, S_{n_2}$  операций (оп) соответственно. Вычислительные сложности случайные. ВККС имеет входной накопитель емкостью  $L_1$  байт для хранения сообщений, ожидающих передачи. Сообщения 1-й категории обладают абсолютным приоритетом по отношению к сообщениям остальных категорий при обработке на ВККС. В буфере сообщения размещаются в соответствии с приоритетом.

ВККС обрабатывает сообщения с производительностью  $Q$  оп/с. После обработки сообщения передаются по  $n_3$  направлениям, каждое из которых имеет  $k_1, k_2, \dots, k_{n_3}$  каналов связи. Вероятности передачи сообщений по направлениям от любого источника  $p_1, p_2, \dots, p_{n_3}$  ( $p_1 + p_2 + \dots + p_{n_3} = 1$ ). Скорости передачи по любому каналу направлений  $V_{п1}, V_{п2}, \dots, V_{пn_3}$  бит/с соответственно.

При передаче сообщения 1-й категории обладают абсолютным приоритетом по отношению к сообщениям других категорий. Поэтому если после обработки сообщения все каналы связи направления заняты, обработанное сообщение помещается в накопитель каналов связи, если в нем есть место, иначе – теряется. Емкость накопителя каналов связи ограничена  $L_2$  сообщениями.

ВККС и каналы связи имеют конечную надежность. Интервалы времени  $T_{от1}$  и  $T_{от2}$  между отказами ВККС и каналов связи случайные. Длительности восстановления  $T_{в1}$  и  $T_{в2}$  ВККС и каналов связи случайные. При отказе канала связи передаваемые сообщения 1-й категории сохраняются в накопителе каналов, если в нем есть место. При выходе из строя ВККС с вероятностью  $P_c$  все сообщения в накопителе ВККС и накопителе каналов связи сохраняются, обрабатываемое сообщение теряется, а прием ВККС и передача сообщений по каналам связи прекращается. Все поступающие в это время сообщения теряются.

### **Задание на исследование**

Разработать имитационную модель функционирования ВККС. Исследовать влияние емкостей входных накопителей, интервалов времени, вероятностей,  $Q$  и  $V_{п}$  на вероятность передачи и среднее время обработки одного сообщения.

Провести дисперсионный анализ. Факторы и их уровни выбрать самостоятельно. Результаты моделирования необходимо получить с точностью  $\varepsilon = 0,01$  и доверительной вероятностью  $\alpha = 0,95$ . Время моделирования –  $T$  часов.

Сделать выводы о загруженности элементов ВККС и необходимых мерах по повышению эффективности его функционирования.

## **Вариант 10**

### **Постановка задачи**

На вычислительный комплекс коммутации сообщений (ВККС) поступают сообщения от  $n_1$  абонентов с интервалами времени  $T_1, T_2, \dots, T_{n_1}$ . Сообщения могут быть  $n_2$  категорий с вероятностями  $p_1, p_2, \dots, p_{n_2}$  ( $p_1 + p_2 + \dots + p_{n_2} = 1$ ) и вычислительными сложностями  $S_1, S_2, \dots, S_{n_2}$  операций (оп) соответственно. Вычислительные сложности случайные. ВККС имеет

входной накопитель емкостью  $L_1$  байт для хранения сообщений, ожидающих передачи. Сообщения 1-й категории обладают абсолютным приоритетом по отношению к сообщениям остальных категорий при обработке на ВККС. В буфере сообщения размещаются в соответствии с приоритетом.

ВККС обрабатывает сообщения с производительностью  $Q$  оп/с. После обработки сообщения передаются по  $n_3$  направлениям, каждое из которых имеет  $k_1, k_2, \dots, k_{n_3}$  каналов связи. Вероятности передачи сообщений по направлениям от любого источника  $p_1, p_2, \dots, p_{n_3}$  ( $p_1 + p_2 + \dots + p_{n_3} = 1$ ). Скорости передачи по любому каналу направлений  $V_{p1}, V_{p2}, \dots, V_{pn3}$  бит/с соответственно.

При передаче сообщения 1-й категории обладают абсолютным приоритетом по отношению к сообщениям других категорий. Поэтому если после обработки сообщения все каналы связи направления заняты, обработанное сообщение помещается в накопитель

направления, если в нем есть место, иначе – теряется. Емкости накопителей направлений связи ограничены  $L_{21}, L_{22}, \dots, L_{2n3}$  сообщениями соответственно.

ВККС и каналы связи имеют конечную надежность. Интервалы времени  $T_{ot1}$  и  $T_{ot2}$  между отказами ВККС и каналов связи случайные. Длительности восстановления  $T_{в1}$  и  $T_{в2}$  ВККС и каналов связи случайные.

При отказе канала связи передаваемые сообщения 1-й категории сохраняются в накопителе каналов, если в нем есть место. При выходе из строя ВККС с вероятностью  $P_c$  все сообщения в накопителе ВККС и накопителе каналов связи сохраняются, обрабатываемое сообщение теряется, а прием ВККС и передача сообщений по каналам связи прекращается. Все поступающие в это время сообщения теряются.

#### **Задание на исследование**

Разработать имитационную модель функционирования ВККС. Исследовать влияние емкостей входных накопителей, интервалов времени, вероятностей,  $Q$  и  $V_p$  на вероятность передачи и среднее время обработки одного сообщения. Провести дисперсионный анализ. Факторы и их уровни выбрать самостоятельно. Результаты моделирования необходимо получить с точностью  $\varepsilon = 0,01$  и доверительной вероятностью  $\alpha = 0,95$ . Время моделирования –  $T$  часов.

Сделать выводы о загруженности элементов ВККС и необходимых мерах по повышению эффективности его функционирования.

### **Вариант 11**

#### **Постановка задачи**

На дежурстве находятся  $n_1$  средств связи (СС)  $n_2$  типов ( $n_{21} + n_{22} + \dots + n_{2n_2} = n_2$ ) в течение  $n_3$  часов.

Каждое СС может в любой момент времени выйти из строя. В этом случае его заменяют резервным, причем либо сразу, либо по мере его появления. Тем временем, вышедшее из строя СС ремонтируют, после чего содержат в качестве резервного. Всего количество резервных СС  $n_4$ .

Ремонт неисправных СС производят  $n_5$  мастеров. Время  $T_1, T_2, \dots, T_{n_2}$  ремонта случайное и зависит от типа СС, но не зависит от того, какой мастер это СС ремонтирует. Интервалы времени  $T_{21}, T_{22}, \dots, T_{2n_2}$  между отказами находящихся на дежурстве СС случайные.

Прибыль от СС, находящихся на дежурстве, составляет  $S_1$  денежных единиц в час. Почасовой убыток при отсутствии на дежурстве одного СС –  $S_2$  денежных единиц. Оплата мастера за ремонт неисправного СС  $S_{31}, S_{32}, \dots, S_{3n_2}$  денежных единиц в час. Затраты на содержание одного резервного СС составляют  $S_4$  денежных единиц в час.

#### **Задание на исследование**

Разработать имитационную модель функционирования системы ремонта СС. Исследовать влияние на ожидаемую прибыль различного количества резервных СС и мастеров. Определить абсолютные величины и относительные коэффициенты ожидаемой

прибыли по каждому типу СС и в целом за систему. Результаты моделирования необходимо получить с точностью  $\varepsilon = 0,01$  и доверительной вероятностью  $\alpha = 0,99$ .

Сделать выводы о загруженности средств связи, мастеров и необходимых мерах по совершенствованию системы ремонта.

### **Вариант 12**

#### **Постановка задачи**

На дежурстве находятся  $n_1$  средств связи (СС)  $n_2$  типов ( $n_{21} + n_{22} + \dots + n_{2n_2} = n_2$ ) в течение  $n_3$  часов.

Каждое СС может в любой момент времени выйти из строя. В этом случае его заменяют резервным, причем либо сразу, либо по мере его появления. Тем временем, вышедшее из строя СС ремонтируют, после чего содержат в качестве резервного. Всего количество резервных СС  $n_4$ .

Ремонт неисправных СС производят  $n_5$  мастеров. Время  $T_1, T_2, \dots, T_{n_2}$  ремонта случайное и зависит от типа СС, но не зависит от того, какой мастер это СС ремонтирует. Интервалы времени  $T_{21}, T_{22}, \dots, T_{2n_2}$  между отказами находящихся на дежурстве СС случайные.

Прибыль от СС, находящихся на дежурстве, составляет  $S_1$  денежных единиц в час. Почасовой убыток при отсутствии на дежурстве одного СС –  $S_2$  денежных единиц. Оплата мастера за ремонт неисправного СС  $S_{31}, S_{32}, \dots, S_{3n_2}$  денежных единиц в час. Затраты на содержание одного резервного СС составляют  $S_4$  денежных единиц в час.

#### **Задание на исследование**

Разработать имитационную модель функционирования системы ремонта средств связи. Исследовать через промежутки времени  $\Delta T$  влияние на ожидаемую прибыль различного количества резервных средств связи и мастеров. Определить абсолютные величины и относительные коэффициенты ожидаемой прибыли для каждого промежутка  $\Delta T$  по каждому типу средств связи и в целом. Результаты моделирования необходимо получить с точностью  $\varepsilon = 0,01$  и доверительной вероятностью  $\alpha = 0,99$ .

Сделать выводы о загруженности средств связи, мастеров по промежуткам  $\Delta T$  и необходимых мерах по совершенствованию системы ремонта.

### **Вариант 13**

#### **Постановка задачи**

На дежурстве находятся  $n_1$  средств связи (СС)  $n_2$  типов ( $n_{21} + n_{22} + \dots + n_{2n_2} = n_2$ ) в течение  $n_3$  часов.

Каждое СС может в любой момент времени выйти из строя. В этом случае его заменяют резервным, причем либо сразу, либо по мере его появления. Тем временем, вышедшее из строя СС ремонтируют, после чего содержат в качестве резервного. Всего количество резервных СС  $n_4$ .

Ремонт неисправных СС производят  $n_5$  мастеров. Время  $T_1, T_2, \dots, T_{n_2}$  ремонта случайное и зависит от типа СС, но не зависит от того, какой мастер это СС ремонтирует. Интервалы времени  $T_{21}, T_{22}, \dots, T_{2n_2}$  между отказами находящихся на дежурстве СС случайные.

С вероятностями  $p_1, p_2, \dots, p_{n_2}$  неисправные СС  $n_2$  типов соответственно не подлежат ремонту. Считается, что уменьшилось число резервных СС, если они были. Через  $T$  часов не подлежащие ремонту СС заменяется новыми, стоимость каждого из которых  $S_{51}, S_{52}, \dots, S_{5n_2}$  денежных единиц соответственно.

Прибыль от СС, находящихся на дежурстве, составляет  $S_1$  денежных единиц в час. Почасовой убыток при отсутствии на дежурстве одного СС –  $S_2$  денежных единиц. Оплата мастера за ремонт неисправного СС  $S_{31}, S_{32}, \dots, S_{3n_2}$  денежных единиц в час. Затраты на содержание одного резервного СС составляют  $S_4$  денежных единиц в час.

#### **Задание на исследование**

Разработать имитационную модель функционирования системы ремонта средств связи. Исследовать через промежутки времени  $\Delta T$  влияние на ожидаемую прибыль различного количества резервных средств связи и мастеров. Определить абсолютные величины и относительные коэффициенты ожидаемой прибыли для каждого промежутка  $\Delta T$  по каждому типу средств связи и в целом. Результаты моделирования необходимо получить с точностью  $\varepsilon = 0,01$  и доверительной вероятностью  $\alpha = 0,99$ .

Сделать выводы о загрузженности средств связи, мастеров по промежуткам  $\Delta T$  и необходимых мерах по совершенствованию системы ремонта.

#### **Вариант 14**

##### **Постановка задачи**

Автоматическая телефонная станция (АТС) обслуживает  $n_1$  телефонных аппаратов (ТА) первой категории (ТА1),  $n_2$  ТА второй категории (ТА2) и имеет  $n_3$  выходов в сеть связи. Интервал времени  $T_1/n_1$  между звонками с ТА первой категории случайный. Вероятность звонка с  $i$ -го ТА первой категории  $p_{1i} = 1/n_1$ . Вероятность того, что при этом для разговора потребуется внешняя линия связи  $p_2 = n_3/(n_2+n_3)$ , соединение с ТА второй категории  $p_3 = n_2/(n_2+n_3)$ . При этом может быть занята любая свободная линия связи, а вероятность звонка на  $j$ -й ТА второй категории  $p_{4j} = 1/n_2$ . Длительность  $t_1$  разговора с ТА первой категории случайная. Время  $toж_1$  ожидания при занятости ТА или внешних линий связи случайное. Вероятность того, что ТА второй категории не ответит,  $p_5$ . При этом время  $toж_2$  также случайное.

Интервал времени  $T_2/n_2$  между звонками с ТА второй категории случайный. Вероятность звонка с  $k$ -го ТА второй категории  $p_{6k} = 1/n_2$ . Вероятности того, что при этом для разговора потребуются внешняя линия связи  $p_7 = n_3/(n_1+n_3)$ , соединение с ТА первой категории  $p_8 = n_1/(n_1+n_3)$ . Для разговора может быть занята любая свободная внешняя линия связи, а вероятность звонка на  $l$ -й ТА первой категории  $p_{9l} = 1/n_1$ . Длительность  $t_2$  разговора с ТА второй категории случайная. Время  $toж_3$  при занятости ТА или внешних линий связи случайное. Вероятность того, что ТА первой категории не ответит,  $p_{10}$ . При этом время  $toж_4$  также случайное.

Звонки с ТА первой категории обладают абсолютным приоритетом по отношению к звонкам с ТА второй категории при занятости внешнего выхода в сеть связи. Вследствие этого, если при поступлении заявки на разговор по внешнему выходу с ТА первой категории все внешние выходы будут заняты разговорами также с ТА первой категории, то прерывания не происходит, и заявка считается потерянной. Если же некоторые внешние выходы будут заняты разговорами с ТА второй категории, то после  $toж_1$  один из этих разговоров прерывается (теряется) и начинается разговор по этому выходу с ТА первой категории.

##### **Задание на исследование**

Разработать имитационную модель функционирования АТС. Исследовать зависимость вероятности разговоров с ТА первой и второй категории от интервалов времени, времени разговоров и вероятностей.

Провести дисперсионный анализ, факторы и значения их уровней выбрать самостоятельно, включить в число факторов эксперимента и количество телефонных аппаратов. Результаты моделирования необходимо получить с точностью  $\varepsilon = 0,01$  и доверительной вероятностью  $\alpha = 0,99$ .

#### **Вариант 15**

##### **Постановка задачи**

Автоматическая телефонная станция (АТС) обслуживает  $n_1$  телефонных аппаратов (ТА) первой категории (ТА1),  $n_2$  ТА второй категории (ТА2),  $n_4$  ТА третьей категории и имеет  $n_3$  выходов в сеть связи.

Интервал времени  $T_1/n_1$  между звонками с ТА первой категории случайный. Вероятность звонка с  $i$ -го ТА первой категории  $p_{1i} = 1/n_1$ . Вероятность того, что при этом для



разговора потребуется внешняя линия связи  $p_2 = n_3/(n_2+n_3)$ , соединение с ТА второй категории  $p_3 = n_2/(n_2+n_3)$ . При этом может быть занята любая свободная линия связи, а вероятность звонка на  $j$ -й ТА второй категории  $p_{4j} = 1/n_2$ . Длительность  $t_1$  разговора с ТА первой категории случайная. Время  $toж_1$  ожидания при занятости ТА или внешних линий связи случайное. Вероятность того, что ТА второй категории не ответит,  $p_5$ . При этом время  $toж_2$  также случайное.

Интервал времени  $T_2/n_2$  между звонками с ТА второй категории случайный. Вероятность звонка с  $k$ -го ТА второй категории  $p_{6k} = 1/n_2$ . Вероятности того, что при этом для разговора потребуются внешняя линия связи  $p_7 = n_3/(n_1+n_3)$ , соединение с ТА первой категории  $p_8 = n_1/(n_1+n_3)$ . Для разговора может быть занята любая свободная внешняя линия связи, а вероятность звонка на  $l$ -й ТА первой категории  $p_{9l} = 1/n_1$ . Длительность  $t_2$  разговора с ТА второй категории случайная. Время  $toж_3$  при занятости ТА или внешних линий связи случайное. Вероятность того, что ТА первой категории не ответит,  $p_{10}$ . При этом время  $toж_4$  также случайное.

Интервал времени  $T_3/n_4$  между звонками с ТА третьей категории случайный. Вероятность звонка с  $k$ -го ТА третьей категории  $p_{11k} = 1/n_4$ . Для разговора всегда требуется внешняя линия, так как звонок на ТА либо первой, либо второй категорий. Звонок на любой из этих ТА равновероятен  $p_{12k} = 1/(n_1+n_2)$ . Длительность  $t_4$  разговора с ТА третьей категории случайная. Время  $toж_5$  при занятости ТА или внешних линий связи случайное. Вероятность того, что ТА первой или второй категории не ответит,  $p_{13}$ . При этом время  $toж_5$  также случайное.

Звонки с ТА первой категории обладают абсолютным приоритетом по отношению к звонкам с ТА второй категории при занятости внешнего выхода. Вследствие этого, если при поступлении заявки на разговор по внешнему выходу с ТА первой категории все внешние выходы будут заняты разговорами также с ТА первой категории, то прерывания не происходит, и заявка считается потерянной. Если же некоторые внешние выходы будут заняты разговорами с ТА второй или третьей категории, то после  $toж_1$  раньше начавшийся из этих разговоров прерывается (теряется) и начинается разговор по этому выходу с ТА первой категории.

#### **Задание на исследование**

Разработать имитационную модель функционирования АТС. Исследовать зависимость вероятности разговоров с ТА первой и второй категории от интервалов времени, времени разговоров и вероятностей.

Провести дисперсионный анализ, факторы и значения их уровней выбрать самостоятельно, включить в число факторов эксперимента и количество телефонных аппаратов. Результаты моделирования необходимо получить с точностью  $\varepsilon = 0,01$  и доверительной вероятностью  $\alpha = 0,99$ .

### **Вариант 16**

#### **Постановка задачи**

В организации локальная вычислительная сеть (ЛВС) имеет  $n$  автоматизированных рабочих места (АРМ) и сервер, соединенных общей шиной. В ЛВС организована распределенная обработка данных. Запросы поступают от АРМ, которые имеют свои базы данных (БД). Поступающие запросы первично обрабатываются на АРМ. С вероятностью  $P_1, P_2, \dots, P_n$  требующаяся информация обнаруживается в БД АРМ, после чего продолжается дальнейшая обработка запроса. В противном случае необходима посылка запроса на сервер. После посылки запроса на сервер АРМ обрабатывает другие поступающие на него запросы. Получив ответ с сервера, АРМ завершает обработку запроса.

Интервалы времени поступления запросов на АРМ распределены по экспоненциальному закону со средним значением  $T_{11}, T_{12}, \dots, T_{1n}$ .

Канал передачи данных, соединяющий АРМ и сервер, не имеет накопителей и передача по нему возможна только тогда, когда он свободен. Когда он занят, АРМ находится в режиме

ожидания и только после освобождения канала передает запрос. При передаче данных с сервера по запросу АРМ этим данным присваивается более высокий приоритет по сравнению с поступающими на АРМ запросами. Этим обеспечивается дисциплина обслуживания «раньше пришел – раньше обслужен» при завершении обработки запроса на АРМ после получения ответа с сервера.

На сервере имеются два накопителя. Накопитель 1 предназначен для поступающих запросов, а второй – для передаваемых ответов на запросы. Емкость накопителя 1 ограничена на  $E_{mk1}$  запросов, то есть поступающие с АРМ запросы могут теряться в случае полного заполнения накопителя 1. Емкость накопителя 2 практически неограниченна, то есть ответы на запросы с АРМ не теряются.

Время первичной обработки запроса, его передачи при необходимости на сервер, обработки на сервере и обратной передачи на нужное АРМ подчинены экспоненциальному закону.

#### **Задание на исследование**

Разработать имитационную модель. Промоделировать функционирование ЛВС в течение  $T$  часов.

Определить:

рациональную емкость накопителя 1 на сервере, при которой не происходит потерь запросов с АРМ;

вероятность отказа в ответе на запрос с АРМ вследствие полного заполнения накопителя 1 на сервере;

время реакции ЛВС на запрос пользователя;

вероятности обработки запросов, поступающих на АРМ;

загрузку АРМ, канала передачи данных и сервера.

Провести дисперсионный анализ. Факторы и значения уровней факторов выбрать самостоятельно. Результаты моделирования необходимо получить с точностью  $\epsilon = 0,01$  и доверительной вероятностью  $\alpha = 0,99$ . По полученным результатам моделирования сделать выводы о совершенствовании информационных потоков в организации.

### **Вариант 17**

#### **Постановка задачи**

В организации локальная вычислительная сеть (ЛВС) имеет  $n$  автоматизированных рабочих места (АРМ) и сервер, соединенных общей шиной. В ЛВС организована распределенная обработка данных. Запросы поступают от АРМ, которые имеют свои базы данных (БД). Поступающие запросы первично обрабатываются на АРМ. С вероятностью  $P_1, P_2, \dots, P_n$  требующаяся информация обнаруживается в БД АРМ, после чего продолжается дальнейшая обработка запроса. В противном случае необходима посылка запроса на сервер. После посылки запроса на сервер АРМ обрабатывает другие поступающие на него запросы. Получив ответ с сервера, АРМ завершает обработку запроса.

Интервалы времени поступления запросов на АРМ распределены по экспоненциальному закону со средним значением  $T_{11}, T_{12}, \dots, T_{1n}$ .

Канал передачи данных, соединяющий АРМ и сервер, не имеет накопителей и передача по нему возможна только тогда, когда он свободен. Когда он занят, АРМ находится в режиме ожидания и только после освобождения канала передает запрос. При передаче данных с сервера по запросу АРМ этим данным присваивается более высокий приоритет по сравнению с поступающими на АРМ запросами. Этим обеспечивается дисциплина обслуживания «раньше пришел – раньше обслужен» при завершении обработки запроса на АРМ после получения ответа с сервера.

На сервере имеются два накопителя. Накопитель 1 предназначен для поступающих запросов, а второй – для передаваемых ответов на запросы. Емкость накопителя 1 ограничена на  $E_{mk1}$  запросов, то есть поступающие с АРМ запросы могут теряться в случае полного

заполнения накопителя 1. Емкость накопителя 2 практически бесконечна, то есть ответы на запросы не теряются.

Время первичной обработки запроса, его передачи при надобности на сервер, обработки на сервере и обратной передачи на нужное АРМ подчинены экспоненциальному закону.

Задание на исследование

Разработать имитационную модель.

Определить:

среднее время обработки  $N$  запросов;

рациональную емкость накопителя 1 на сервере, при которой не происходит потерь запросов с АРМ;

вероятность отказа в ответе на запрос с АРМ вследствие полного заполнения накопителя 1 на сервере;

время реакции ЛВС на запрос пользователя;

вероятности обработки запросов, поступающих на АРМ; загрузку АРМ, канала передачи данных и сервера.

Провести дисперсионный анализ. Факторы и значения уровней факторов выбрать самостоятельно. Результаты моделирования необходимо получить с точностью  $\varepsilon = 0,01$  и доверительной вероятностью  $\alpha = 0,99$ . По полученным результатам моделирования сделать выводы о совершенствовании информационных потоков в организации.

## **Вариант 18**

### **Постановка задачи**

В организации локальная вычислительная сеть (ЛВС) имеет  $n$  автоматизированных рабочих места (АРМ) и сервер, соединенных общей шиной. В ЛВС организована распределенная обработка данных. Запросы поступают от АРМ, которые имеют свои базы данных (БД). Поступающие запросы первично обрабатываются на АРМ. С вероятностью  $P_1, P_2, \dots, P_n$  требующаяся информация обнаруживается в БД АРМ, после чего продолжается дальнейшая обработка запроса. В противном случае необходима посылка запроса на сервер. После посылки запроса на сервер АРМ обрабатывает другие поступающие на него запросы. Получив ответ с сервера, АРМ завершает обработку запроса.

Интервалы времени поступления запросов на АРМ распределены по экспоненциальному закону со средним значением  $T_{11}, T_{12}, \dots, T_{1n}$ .

Запросы с АРМ1 имеют абсолютный приоритет по отношению к запросам с остальных АРМ. Поэтому если по каналу передается запрос с других АРМ, то передача прерывается и запрос теряется. Также прерывается обработка запроса с других АРМ на сервере.

Канал передачи данных, соединяющий АРМ и сервер, не имеет накопителей и передача по нему возможна только тогда, когда он свободен. Когда он занят, АРМ находится в режиме ожидания и только после освобождения канала передает запрос. При передаче данных с сервера по запросу АРМ этим данным присваивается более высокий приоритет по сравнению с поступающими на АРМ запросами. Этим обеспечивается дисциплина обслуживания «раньше пришел – раньше обслужен» при завершении обработки запроса на АРМ после получения ответа с сервера.

На сервере имеются два накопителя. Накопитель 1 предназначен для поступающих запросов, а второй – для передаваемых ответов на запросы. Емкость накопителя 1 ограничена на  $Emk_1$  запросов, то есть поступающие с АРМ запросы могут теряться в случае полного заполнения накопителя 1. Емкость накопителя 2 практически неограниченна, то есть ответы на запросы с АРМ не теряются.

Время первичной обработки запроса, его передачи при надобности на сервер, обработки на сервере и обратной передачи на нужное АРМ подчинены экспоненциальному закону.

Задание на исследование

Разработать имитационную модель. Промоделировать функционирование ЛВС в течение  $T$  часов.

Определить:

рациональную емкость накопителя 1 на сервере, при которой не происходит потерь запросов с АРМ;

вероятность отказа в ответе на запрос с АРМ вследствие полного заполнения накопителя 1 на сервере;

время реакции ЛВС на запрос пользователя;

вероятности обработки запросов, поступающих на АРМ; загрузку АРМ, канала передачи данных и сервера.

Провести дисперсионный анализ. Факторы и значения уровней факторов выбрать самостоятельно. Результаты моделирования необходимо получить с точностью  $\varepsilon = 0,01$  и доверительной вероятностью  $\alpha = 0,99$ . По полученным результатам моделирования сделать выводы о совершенствовании информационных потоков в организации.

## **Вариант 19**

### **Постановка задачи**

Изготовление в цехе детали начинается через случайное время  $T_n$ . Выполнению операций предшествует подготовка. Длительность подготовки зависит от качества заготовки, из которой будет сделана деталь. Всего различных видов заготовок  $n_1$ .

Время подготовки подчинено экспоненциальному закону. Частота появления различных видов заготовок и средние значения времени их подготовки заданы следующей таблицей дискретного распределения:

Частота	0,05	0,13	0,16	0,22	0,29	0,15
Среднее время	10	14	21	22	28	25

Для изготовления детали последовательно выполняются  $n$  операций, продолжительностями  $T_1, T_2, \dots, T_n$  соответственно. После каждой операции в течение времени  $T_{k1}, T_{k2}, \dots, T_{kn}$  следует контроль. Время контроля – случайное. Контроль не проходят  $q_1, q_2, \dots, q_n$  % деталей соответственно.

Забракованные детали поступают в окончательный блок контроля и проходят в нем проверку в течение случайного времени  $T_{ок1}, T_{ок2}, \dots, T_{окn}$ . В результате из общего количества не прошедших контроль деталей  $q(n+1)$  % деталей идут в брак, а оставшиеся  $1 - q(n+1)$  % деталей подлежат повторному выполнению тех операций, после которых они не прошли контроль. Если деталь повторно не проходит контроль после повторного выполнения операции, она бракуется.

### **Задание на исследование**

Разработать имитационную модель процесса изготовления деталей. Модель должна позволять определять абсолютное и относительное количество готовых и забракованных деталей, среднее время изготовления одной детали. Исследовать зависимость количества изготовленных деталей от качества выполнения операций.

Провести дисперсионный анализ. Факторы и значения уровней факторов выбрать самостоятельно.

Результаты моделирования необходимо получить с точностью  $\varepsilon = 0,01$  и доверительной вероятностью  $\alpha = 0,95$ . Время моделирования –  $T$  часов.

Сделать выводы о загруженности пунктов выполнения операций и необходимых мерах по повышению количества изготовления деталей.

## **Вариант 20**

### **Постановка задачи**

Изготовление в цехе детали начинается через случайное время  $T_n$ . Выполнению операций предшествует подготовка. Длительность подготовки зависит от качества заготовки, из которой будет сделана деталь. Всего различных видов заготовок  $n_1$ .

Время подготовки подчинено экспоненциальному закону. Частота появления различных видов заготовок и средние значения времени их подготовки заданы следующей таблицей дискретного распределения:

Частота	0,05	0,13	0,16	0,22	0,29	0,15
Среднее время	10	14	21	22	28	25

Для изготовления детали последовательно выполняются  $n$  операций, продолжительностями  $T_1, T_2, \dots, T_n$  соответственно. После каждой операции в течение времени  $T_{k1}, T_{k2}, \dots, T_{kn}$  следует контроль. Время контроля – случайное. Контроль не проходят  $q_1, q_2, \dots, q_n$  % деталей соответственно.

Забракованные детали поступают в окончательный блок контроля и проходят в нем проверку в течение случайного времени  $T_{ok1}, T_{ok2}, \dots, T_{okn}$ . В результате из общего количества не прошедших контроль деталей  $q(n+1)$  % деталей идут в брак, а оставшиеся  $1 - q(n+1)$  % деталей подлежат повторному выполнению тех операций, после которых они не прошли контроль. Если деталь повторно не проходит контроль после повторного выполнения операции, она бракуется.

#### **Задание на исследование**

Разработать имитационную модель процесса изготовления деталей. Модель должна позволять определять абсолютное и относительное количество готовых и забракованных деталей, среднее время изготовления одной детали. Исследовать зависимость времени изготовления  $N$  деталей от качества выполнения операций.

Провести дисперсионный анализ. Факторы и значения уровней факторов выбрать самостоятельно.

Результаты моделирования необходимо получить с точностью  $\varepsilon = 0,1$  и доверительной вероятностью  $\alpha = 0,99$ .

Сделать выводы о загруженности пунктов выполнения операций и необходимых мерах по сокращению времени изготовления деталей.

### **Вариант 21**

#### **Постановка задачи**

В ремонтное подразделение средств связи (СС) поступают неисправные СС  $n$  типов с вероятностями  $p_1, p_2, \dots, p_n$  соответственно. Интервалы времени  $T_p$  между двумя очередными поступлениями случайные. Каждое СС любого типа может требовать одного из трех видов ремонта с вероятностями  $p_{11}, p_{21}$  или  $p_{31}$  соответственно.

В ремонтном подразделении имеются  $n_1, n_2, \dots, n_n$  групп мастеров для ремонта СС каждого типа соответственно.

Мастера группы  $n_1$  ремонтируют СС первого типа. Если их нет и мастера  $n_2, \dots, n_n$  групп заняты, они ремонтируют СС этих типов. При этом поступающие СС первого типа ожидают их освобождения.

Мастера группы  $n_2$  ремонтируют СС второго типа. Если их нет и мастера  $n_3, n_4, \dots, n_n$  групп заняты, они ремонтируют СС этих типов. При этом поступающие СС второго типа ожидают их освобождения. Аналогичные обязанности и у мастеров остальных групп. Лишь мастера последней группы  $n_n$  ремонтируют СС только одного  $n$ -го типа.

Время ремонта  $n$ -го типа СС случайное, не зависит от мастера, а зависит только от вида ремонта:  $T_{11}, T_{12}, T_{13}$  – для СС первого типа,  $T_{21}, T_{22}, T_{23}$  – для СС второго типа, ...,  $T_{n1}, T_{n2}, \dots, T_{nn}$  – для СС  $n$ -го типа.

Прием и распределение неисправных СС между мастерами осуществляется диспетчером. Время, затрачиваемое диспетчером на одно СС, случайное. Диспетчером не допускается к ремонту  $q$  % СС всех типов.

#### **Задание на исследование**

Разработать имитационную модель функционирования ремонтного подразделения. Исследовать зависимость времени и вероятностей выполнения ремонта СС первого и второго типов от интервала и вероятностей поступления их в ремонт.

Провести дисперсионный анализ. Факторы и значения уровней факторов выбрать самостоятельно.

Результаты моделирования необходимо получить с точностью  $\varepsilon = 0,01$  и доверительной вероятностью  $\alpha = 0,95$ .

Сделать выводы о загруженности каждой группы мастеров и необходимых мерах по повышению эффективности работы ремонтного подразделения.

### **Вариант 22**

#### **Постановка задачи**

В ремонтное подразделение средств связи (СС) поступают неисправные СС  $n$  типов с вероятностями  $p_1, p_2, \dots, p_n$  соответственно. Интервалы времени  $T_i$  между двумя очередными поступлениями случайные. Каждое СС любого типа может требовать одного из трех видов ремонта с вероятностями  $p_{11}, p_{21}$  или  $p_{31}$  соответственно.

В ремонтном подразделении имеются  $n_1, n_2, \dots, n_n$  групп мастеров для ремонта СС каждого типа соответственно. Мастера группы  $n_1$  ремонтируют СС первого типа. Если их нет и мастера  $n_2, \dots, n_n$  групп заняты, они ремонтируют СС этих типов. При этом поступающие СС первого типа ожидают их освобождения. Мастера группы  $n_2$  ремонтируют СС второго типа. Если их нет и мастера  $n_3, n_4, \dots, n_n$  групп заняты, они ремонтируют СС этих типов. При этом поступающие СС второго типа ожидают их освобождения. Аналогичные обязанности и у мастеров остальных групп. Лишь мастера последней группы  $n_n$  ремонтируют СС только одного  $n$ -го типа.

Время ремонта  $n$ -го типа СС случайное, не зависит от мастера, а зависит только от вида ремонта:  $T_{11}, T_{12}, T_{13}$  – для СС первого типа,  $T_{21}, T_{22}, T_{23}$  – для СС второго типа, ...,  $T_{n1}, T_{n2}, \dots, T_{nn}$  – для СС  $n$ -го типа.

Прием и распределение неисправных СС между мастерами осуществляется диспетчером. Время, затрачиваемое диспетчером на одно СС, случайное. Диспетчером не допускается к ремонту  $q$  % СС всех типов.

#### **Задание на исследование**

Разработать имитационную модель функционирования ремонтного подразделения. Исследовать зависимость времени и вероятностей выполнения ремонта  $N$  СС всех типов от интервала и вероятностей поступления их в ремонт.

Провести дисперсионный анализ. Факторы и значения уровней факторов выбрать самостоятельно.

Результаты моделирования необходимо получить с точностью  $\varepsilon = 0,01$  и доверительной вероятностью  $\alpha = 0,95$ .

Сделать выводы о загруженности каждой группы мастеров и необходимых мерах по повышению эффективности работы ремонтного подразделения.

### **Критерии оценки (в баллах):**

**20,0 баллов** выставляется обучающемуся, если проект выполнен в полном объеме, имитационная модель разработана и работает адекватно входным данным, имеется описание назначения всех функциональных блоков модели, получены результаты, проведена их статистическая обработка и сделаны аргументированные выводы.

**16,0 баллов** выставляется обучающемуся, если проект выполнен в полном объеме, имитационная модель разработана и работает адекватно входным данным, имеется описание назначения всех функциональных блоков модели, полученные результаты некорректны, сделанные выводы не соответствуют цели исследования

**12,0 баллов** выставляется обучающемуся, если проект выполнен в неполном объеме, имитационная модель разработана, имеется описание назначения всех функциональных блоков модели, но полученные результаты некорректны, сделанные выводы не соответствуют цели исследования

**8,0 баллов** выставляется обучающемуся, если проект выполнен в неполном объеме, имитационная модель разработана с ошибками, имеется описание назначения всех функциональных блоков модели, но полученные результаты некорректны, сделанные выводы не соответствуют цели исследования.

## Задания для текущего контроля

### Комплект заданий для компьютерных симуляций

**Индикаторы достижения: УК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-6.1, ОПК-6.2**

#### Тема 2. Тема 2. Модели биологических аналогий

##### Задание 1

Реализовать и проанализировать следующие модели. Построить графики решений и фазовые кривые. Для поиска решения задачи Коши системы дифференциальных уравнений можно воспользоваться методом Эйлера, методом Эйлера-Коши или методом Рунге-Кутты 4 порядка.

1. Логистическое уравнение Ферхюльста  $\frac{dx}{dt} = rx \left(1 - \frac{x}{3}\right)$ ,  $x(0) = 1$ ,

а)  $r = 0,2$ ;      б)  $r = -0,2$

2. Логистическое уравнение Ферхюльста  $\frac{dx}{dt} = 0.2x \left(1 - \frac{x}{3}\right)$

а)  $x(0) = 0.5$ ;      б)  $x(0) = 2$ ;      в)  $x(0) = 4$ .

3. Популяционное уравнение Ферхюльста  $\frac{dx}{dt} = rx(x-L) \left(1 - \frac{x}{K}\right)$ ,  $r = 0.2$ ,  $L = 3$ ,  $K = 12$

а)  $x(0) = 4$ ;      б)  $x(0) = 2$ ;      в)  $x(0) = 18$ .

4. Модель Лотка-Вольтерра (модель хищник-жертва).

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = (a - bx_2)x_1, & a = 4 \\ & b = 2.5 \\ \frac{dx_2}{dt} = (-c + dx_1)x_2, & c = 2 \\ & d = 1 \end{cases}$$

Решить систему уравнений при  $x_1(0) = 3$ ,  $x_2(0) = 1$ . Как изменится решение при

$x_1(0) = 2$ ,  $x_2(0) = 1$ ; при  $x_1(0) = 1$ ,  $x_2(0) = 1$ ;  $x_1(0) = 1$ ,  $x_2(0) = 2$ ?

5. Модель Лотка-Вольтерра с логистической поправкой

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = (a - bx_2)x_1 - \alpha x_1^2, & a = 4 \\ & b = 2.5 \\ \frac{dx_2}{dt} = (-c + dx_1)x_2 - \alpha x_2^2, & c = 2 \\ & d = 1 \end{cases}$$

Решить систему уравнений при  $\alpha = 0.1$  и  $\alpha = -0.1$ .

6. Модель конкурирующих видов Холлинга-Тэннера

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = rx_1 \left(1 - \frac{x_1}{K}\right) - wx_2 \frac{x_1}{D + x_1}, & r = 1, \\ & s = 0.2, \\ & K = 7, \\ \frac{dx_2}{dt} = sx_2 \left(1 - \frac{J}{x_1} x_2\right), & D = 1, \\ & J = 0.5 \end{cases}$$

Решить систему уравнений при  $x_1(0) = 1.5$ ,  $x_2(0) = 2$  и при  $x_1(0) = 1$ ,  $x_2(0) = 3$

**Задание 2**

На рынке однородного товара присутствуют две основные фирмы, разделяющие его между собой. Изменение объемов продаж конкурирующих фирм с течением времени описывается следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dq_1}{dt} = a_1 q_1(t)(N - q_1(t) - q_2(t)) - b_1 q_1(t) q_2(t), \\ \frac{dq_2}{dt} = a_2 q_2(t)(N - q_1(t) - q_2(t)) - b_2 q_1(t) q_2(t) \end{cases}$$

с начальными условиями  $q_1(0) = q_{10}$ ,  $q_2(0) = q_{20}$ .

Здесь и далее использованы следующие обозначения:

$q_1(t)$  - объем продаж фирмы I;

$q_2(t)$  - объем продаж фирмы II.

$N$  - объем рассматриваемого сегмента рынка сбыта;

$a_1, b_1, a_2, b_2$  - положительные коэффициенты, характеризующие степень влияния различных факторов на изменения объема продаж первой и второй фирмы соответственно.

Для удобства дальнейшего исследования введем в рассмотрение безразмерные переменные:

$\tau = a_1 N t$  - безразмерное время,  $y_i = \frac{q_i}{N}$  - безразмерный объем продаж  $i$ -ой фирмы ( $i=1,2$ ).

После этого модель задачи приобретает вид

$$\begin{cases} \frac{dy_1}{d\tau} = y_1(\tau)(1 - y_1(\tau) - y_2(\tau)) - \frac{b_1}{a_1} y_1(\tau) y_2(\tau), \\ \frac{dy_2}{d\tau} = \frac{a_2}{a_1} y_2(\tau)(1 - y_1(\tau) - y_2(\tau)) - \frac{b_2}{a_1} y_1(\tau) y_2(\tau) \end{cases}$$

С начальными условиями  $y_1(0) = y_{10}$ ,  $y_2(0) = y_{20}$



а) рассмотреть ситуацию, когда на рынке присутствует только фирма I, т.е. имеет место классическая монополия. Построить график изменения объема продаж фирмой I при  $a_1=0,5$ ;  $a_2=b_1=b_2=0$ ;  $y_1(0)=0,01$ ,  $y_2(0)=0,00$ .

б) рассмотреть динамику процесса раздела рынка между двумя фирмами в том случае, когда их взаимным противодействием, учитываемым посредством коэффициентов  $b_1, b_2$  можно пренебречь. Это соответствует ситуации, когда влиянием внешней среды предприятий на рост объемов продаж можно пренебречь по сравнению с влиянием внутренней среды. В этом случае единственным внешним фактором, ограничивающим увеличение объемов продаж, является изначальная ограниченность рынка сбыта. Построить графики изменения объемов продаж фирмой I и фирмой II при  $a_2/a_1=0,5$ ;  $b_1/a_1=0,0$ ;  $b_2/a_1=0,0$ ,  $y_1(0)=0,01$ ,  $y_2(0)=0,01$ .

в) рассмотреть наиболее общий случай, когда в полной мере учитываются как внутренние, так и внешние факторы, определяющие развитие обоих предприятий. Построить графики изменения объемов продаж фирмой I и фирмой II при  $a_2/a_1=1,000$ ;  $b_1/a_1=0,984$ ;  $b_2/a_1=1,000$ ,  $y_1(0)=0,01$ ,  $y_2(0)=0,01$ .

### Критерии оценки (в баллах):

**6 баллов** выставляется обучающемуся, если верно и в полном объеме знает основные методы исследования, приемы и инструменты математического, статистического, экономического анализа и моделирования; верно и в полном объеме умеет решать прикладные задачи, используя естественнонаучные и общетехнические знания, методы оптимизации, методы математического анализа и моделирования; использовать математические методы и модели, адекватные целям и задачам и интерпретировать полученные результаты применительно к моделируемой системе;

**5 баллов** выставляется обучающемуся, если с незначительными замечаниями знает основные методы исследования, приемы и инструменты математического, статистического, экономического анализа и моделирования; с незначительными замечаниями умеет решать прикладные задачи, используя естественнонаучные и общетехнические знания, методы оптимизации, методы математического анализа и моделирования; использовать математические методы и модели, адекватные целям и задачам и интерпретировать полученные результаты применительно к моделируемой системе;

**4 балла** выставляется обучающемуся, если на базовом уровне, с ошибками знает основные методы исследования, приемы и инструменты математического, статистического, экономического анализа и моделирования; на базовом уровне, с ошибками умеет решать прикладные задачи, используя естественнонаучные и общетехнические знания, методы оптимизации, методы математического анализа и моделирования; использовать математические методы и модели, адекватные целям и задачам и интерпретировать полученные результаты применительно к моделируемой системе.

## Тема 3. Теоретические основы и инструментальные средства имитационного моделирования

### Задание 1

Выполните модель простого события A, вероятность наступления которого равна 0,3. Произведите однократный пуск модели. Ответьте на вопрос: что регистрируют блоки Score, Score1, Display? Что вы наблюдаете при многократном пуске модели и почему?

- Измените вероятность появления события на 0,8. Что произойдет с показаниями блока Score? Почему?

- Доработайте модель путем замены блока *UniformRandomNumber* на блок *InterpretedMATLABFunction*. При этом выберите генератор случайных чисел, формирующий равномерно распределенные случайные числа в интервале (0, 1). Проведите моделирование и ответьте на вопрос: чем отличаются показания регистрирующих блоков в данной модели и предыдущей? Почему?

### **Задание 2**

Самостоятельно разработайте схему моделирования полной группы независимых событий для следующих исходных данных: полная группа независимых событий состоит из трех независимых событий:  $A_1, A_2, A_3$ ; вероятности появления соответственно:  $P_1 = 0,2$ ;  $P_2 = 0,7$ ;  $P_3 = 0,1$ . Регистрацию появления событий производить с использованием блоков *Score* и *Display*. Опишите, что Вы наблюдаете на регистрирующих блоках при пусках модели. Измените параметры модели так, чтобы одна пара регистрирующих блоков *Score* и *Display* показывала при каждом пуске модели нули.

### **Задание 3**

Соберите модель двух синхронных процессов: 1-й процесс – процесс обслуживания заявки (процесс оплаты в кассе, при этом время обслуживания не равно «0»), данный процесс подчиненный по отношению ко второму процессу). 2-й процесс – процесс потока заявок на обслуживание (поток покупателей, подходящих к кассе). Интервал между заявками (покупателями) соизмерим с временем обслуживания заявки (процессом оплаты).

Исходные данные для моделирования:

Закон плотности распределения интервалов между заявками и времени обслуживания – экспоненциальный. Среднее время между заявками (интервал между покупателями)  $T_{\text{ср}} = 1$  мин, среднее время обслуживания заявки (обслуживания в кассе)  $T_{\text{ср.касс}} = 5$  мин.

Закон плотности распределения суммы покупки – нормальный с параметрами  $MD = 3000$  рублей, среднее квадратическое отклонение  $SD = 700$  рублей.

Завершите моделирование по условию: сумма, поступившая в кассу, равна 2000 рублей.

### **Задание 4**

Доработайте предыдущую имитационную модель для случая двухканальной системы обслуживания (например, две кассы). Окончание моделирования выполнить по условию просмотра 300 единиц модельного времени. Среднее время обслуживания в 1-й кассе (кассир более опытный и расторопный)  $T_{\text{ср}} = 1$  мин., во 2-й кассе – 5 мин. Интервал между покупателями  $T_{\text{ср}} = 0,5$  мин. для обеих касс. Остальные условия такие же, как в предыдущей задаче.

### Задание 5

Магазин, располагающий двумя кассами, занимается продажей продовольственных товаров. Время между приходом двух покупателей – случайная величина с показательным законом распределения (среднее значение  $t_z = 10$  мин.), а время обслуживания равномерно распределено на интервале  $[a; b]$ , где  $a = 3$  мин.;  $b = 7$  мин. Сумма покупки является случайной величиной с нормальным законом распределения (среднее значение  $MD = 400$  рублей; среднее квадратическое отклонение  $SD = 100$  рублей). Выполните моделирование поступления покупателей в период с 10:00 до 14:00 часов.

Какой размер выручки получит магазин в течение всего периода моделирования?

Какой размер выручки получит магазин к моменту времени 12:00 часов?

Предположите, что рассматриваемый поток клиентов – это потенциальные покупатели, которые с вероятностью  $P = 0,6$  могут совершить покупку. Проведите 10 экспериментов и рассчитайте среднее время ожидания; среднюю длину очереди; средний размер выручки.

#### Критерии оценки (в баллах):

**6 баллов** выставляется обучающемуся, если верно и в полном объеме знает основные методы принятия решений, в том числе в условиях риска и неопределенности; основные понятия и определения базовых разделов экономики, математики, статистики, вычислительной техники, программирования; основные понятия, используемые для математического описания задач профессиональной деятельности и современный математический инструментарий; верно и в полном объеме умеет проводить многофакторный анализ элементов предметной области для выявления ограничений при принятии решений; анализировать и интерпретировать результаты расчетов по построенным математическим моделям в рамках поставленных профессиональных задач.

**5 баллов** выставляется обучающемуся, если с незначительными замечаниями знает основные методы принятия решений, в том числе в условиях риска и неопределенности; основные понятия и определения базовых разделов экономики, математики, статистики, вычислительной техники, программирования; основные понятия, используемые для математического описания задач профессиональной деятельности и современный математический инструментарий; с незначительными замечаниями умеет проводить многофакторный анализ элементов предметной области для выявления ограничений при принятии решений; анализировать и интерпретировать результаты расчетов по построенным математическим моделям в рамках поставленных профессиональных задач.

**4 балла** выставляется обучающемуся, если на базовом уровне, с ошибками знает основные методы принятия решений, в том числе в условиях риска и неопределенности; основные понятия и определения базовых разделов экономики, математики, статистики, вычислительной техники, программирования; основные понятия, используемые для математического описания задач профессиональной деятельности и современный математический инструментарий; на базовом уровне, с ошибками умеет проводить многофакторный анализ элементов предметной области для выявления ограничений при принятии решений; анализировать и интерпретировать результаты расчетов по построенным математическим моделям в рамках поставленных профессиональных задач.

## Тема 4. Моделирование дискретно-событийных систем

### Задание 1

Разработайте имитационную модель работы билетных касс. В кассы есть единая очередь, которую обслуживают две основные кассы. Если основные кассы не справляются с потоком покупателей, то открывается третья касса. Поток покупателей меняется в зависимости от времени суток и становится больше в выходные дни. Расписание потока покупателей приведено ниже.

Рабочие дни:

8:00–13:00 – десять человек в час;

13:00–16:00 – пятнадцать человек в час;

16:00–22:00 – двадцать человек в час.

Выходные дни:

9:00–12:00 – двадцать человек в час;

12:00–21:00 – сорок человек в час.

Покупатели, время ожидания покупки у которых превысило час, уходят из касс, не купив билета. Время обслуживания одного покупателя в кассах меняется случайным образом от 2 до 15 минут и в среднем составляет 5 минут. Предусмотреть в модели учет купивших и некупивших билеты. Выявите узкие места в модели и предложите решение.

### Задание 2

Разработайте имитационную модель процесса производства мороженого. Мороженое производится из молока, сахара и масла в пропорциях 60:10:30. Ингредиенты поступают в реактор-смеситель из резервуаров по трубопроводам – молоко и сахар, по контейнеру – масло. В смесителе составляющие смешиваются в заданных пропорциях и смесь гомогенизируется 10 минут. Далее смесь по трубопроводу поступает в реактор заморозки. Процесс замораживания проходит 10 минут. Полученное мороженое нарезается порциями по 100 граммов и помещается в стаканчики. Стаканчики мороженого пакуются по 50 штук. Упаковки мороженого увозятся с производства. При прогоне модели выявите ее узкие места и предложите решения. Промоделируйте варианты решений.

### Задание 3

На дежурстве находятся  $n_1$  средств связи (СС)  $n_2$  типов ( $n_{21} + n_{22} + \dots + n_{2n_2} = n_2$ ) в течение  $n_3$  часов. Каждое СС может в любой момент времени выйти из строя. В этом случае его заменяют резервным, причем либо сразу, либо по мере его появления. Тем временем,

вышедшее из строя СС ремонтируют, после чего содержат в качестве резервного. Всего количество резервных СС –  $n_4$ .

Ремонт неисправных СС производят  $n_5$  мастеров. Время  $T_1, T_2, \dots, T_{n_2}$  ремонта случайное и зависит от типа СС, но не зависит от того, какой мастер это СС ремонтирует. Интервалы времени  $T_{21}, T_{22}, \dots, T_{2n_2}$  между отказами СС, находящихся на дежурстве, случайные.

Прибыль от СС, находящихся на дежурстве, составляет  $S_1$  денежных единиц в час. Почасовой убыток при отсутствии на дежурстве одного СС –  $S_2$  денежных единиц. Оплата мастера за ремонт неисправного СС –  $S_{31}, S_{32}, \dots, S_{3n_2}$  денежных единиц в час. Затраты на содержание одного резервного СС составляют  $S_4$  денежных единиц в час.

Разработать имитационную модель бизнес-процесса – это предоставления услуг по средствам связи в течение 25 суток (1000 часов).

Исследовать через промежутки времени  $\Delta T = 5 \cdot 40 = 200$  (пять недель) влияние на ожидаемую прибыль различного количества резервных СС и мастеров. Определить абсолютные величины и относительные коэффициенты ожидаемой прибыли для каждого промежутка времени. Сделать выводы об использовании СС, мастеров по промежуткам времени  $\Delta T$  и необходимых мерах по совершенствованию системы связи.

### **Критерии оценки (в баллах):**

**6 баллов** выставляется обучающемуся, если верно и в полном объеме знает основные понятия и определения базовых разделов экономики, математики, статистики, вычислительной техники, программирования; основные методы исследования, приемы и инструменты математического, статистического, экономического анализа и моделирования; верно и в полном объеме умеет осуществлять сбор, систематизацию, формализацию, интерпретацию, первичную обработку и анализ данных для исследования конкретных экономических ситуаций, используя методы математического, статистического, экономического анализа и моделирования; решать прикладные задачи, используя естественнонаучные и общинженерные знания, методы оптимизации, методы математического анализа и моделирования; использовать математические методы и модели, адекватные целям и задачам и интерпретировать полученные результаты применительно к моделируемой системе; анализировать и интерпретировать результаты расчетов по построенным математическим моделям в рамках поставленных профессиональных задач.

**5 баллов** выставляется обучающемуся, если с незначительными замечаниями знает основные понятия и определения базовых разделов экономики, математики, статистики, вычислительной техники, программирования; основные методы исследования, приемы и инструменты математического, статистического, экономического анализа и моделирования; с незначительными замечаниями умеет осуществлять сбор, систематизацию, формализацию, интерпретацию, первичную обработку и анализ данных для исследования конкретных экономических ситуаций, используя методы математического, статистического, экономического анализа и моделирования; решать прикладные задачи, используя естественнонаучные и общинженерные знания, методы оптимизации, методы математического анализа и моделирования; использовать математические методы и модели, адекватные целям и задачам и интерпретировать полученные результаты применительно к моделируемой системе; анализировать и интерпретировать результаты расчетов по построенным математическим моделям в рамках поставленных профессиональных задач.

**4 балла** выставляется обучающемуся, если на базовом уровне, с ошибками знает основные понятия и определения базовых разделов экономики, математики, статистики, вычислительной техники,

программирования; основные методы исследования, приемы и инструменты математического, статистического, экономического анализа и моделирования; на базовом уровне, с ошибками умеет осуществлять сбор, систематизацию, формализацию, интерпретацию, первичную обработку и анализ данных для исследования конкретных экономических ситуаций, используя методы математического, статистического, экономического анализа и моделирования; решать прикладные задачи, используя естественнонаучные и общетехнические знания, методы оптимизации, методы математического анализа и моделирования; использовать математические методы и модели, адекватные целям и задачам и интерпретировать полученные результаты применительно к моделируемой системе; анализировать и интерпретировать результаты расчетов по построенным математическим моделям в рамках поставленных профессиональных задач.

## **Тема 5. Методы системной динамики**

### **Задание 1**

Разработать системно-динамическую имитационную модель, отображающую динамику диагностирования и лечения хронических заболеваний. Модель предусматривает прекращение лечения и возобновление лечения. Также в модель входит учет смертности пациентов как во время лечения, так и недиагностированных пациентов. Скорость потока умерших недиагностированных пациентов задается как произведение количества недиагностированных пациентов и частоты смертей нелеченных пациентов.

Уровень пациентов, находящихся на лечении, задается разницей входящих потоков, то есть скорости диагностирования пациентов и изменения количества пациентов, вновь обращающихся за лечением, и выходящих потоков, то есть изменения количества пациентов, переходящих в стадию ремиссии, и количества пациентов, умерших во время лечения.

Скорость изменения количества пациентов, переходящих в стадию ремиссии, задается как произведение значения уровня пациентов, находящихся на лечении, и частоты отказа от лечения.

Скорость изменения количества пациентов, вновь обращающихся за лечением, задается произведением значения уровня пациентов в ремиссии и параметра, показывающего частоту обращения за повторным лечением.

Скорость изменения количества умерших во время лечения пациентов задается как произведение значения уровня пациентов, находящихся на лечении, и параметра, показывающего частоту смертей во время лечения.

Уровень пациентов в ремиссии задается разностью входящего потока, то есть изменением количества пациентов, отказавшихся от лечения, и выходящих потоков, то есть изменением количества пациентов, обратившихся за повторным лечением и умерших пациентов, находившихся в стадии ремиссии или просто отказавшихся от лечения.

Скорость изменения количества пациентов, находившихся в стадии ремиссии и умерших, задается как произведение значения уровня пациентов в стадии ремиссии и параметра, показывающего частоту смертей во время ремиссии.

Выполните имитацию. Пользуясь бегунками, к которым привязаны все параметры модели, измените значения параметров во время прогона модели. Выясните, как будут меняться уровни в модели. Выявите узкие места в модели и предложите решение.

## Задание 2

Рассмотрим *вероятностную модель с обучением*. Предполагается, что спрос на  $t$ -м отрезке времени линейно зависит от текущей цены и подвержен случайному разбросу.

Введем следующие обозначения:

$t = 1, \dots, T$  – горизонт моделирования,

$p_t$  – цена в момент времени  $t$ ,

$S_t$  – объем предложения в момент времени  $t$ ,

$D_t$  – объем спроса в момент времени  $t$ ,

$U_t, V_t, W_t$  – независимые случайные величины (шумы).

Тогда паутинообразная модель задается следующей системой уравнений:

$$D_t = a - bp_t + U_t,$$

$$S_t = c + dp_t + V_t,$$

где  $a > 0$ ,  $b > 0$ ,  $c$ ,  $d > 0$  – параметры функций спроса и предложения.

Условие локального равновесия рынка принимает вид:  $S_t = D_t + W_t$ .

Стохастические колебания в функциях спроса и предложения от цены носят случайный характер, при этом колебания происходят около нуля. Если математическое ожидание колебаний отличается от нуля, то это может быть учтено в величине константы соответствующих функций. Сезонность в поведении функций спроса и предложения не рассматривается.

Состоянием модели в момент времени  $t$  является вектор  $(p_t, D_t, S_t)$ . Переход из состояния  $t-1$  в состояние  $t$  описывается рекуррентными формулами:

$$S_t = c + dp_{t-1} + V_t,$$

$$D_t = S_t - W_t,$$

$$p_t = \frac{1}{b}(a - c - dp_{t-1} + U_t - V_t + W_t).$$

Начальным условием является значение цены в начальный момент времени.

*Паутинообразная модель с обучением* является усовершенствованием модели без обучения. Будем полагать, что формирование текущего предложения учитывает историю изменения цены. В простейшем случае учитывается цена двух предыдущих периодов. Планирование предложения осуществляется в ожидании цены в размере

$$p_t = p_{t-1} - k\Delta p_{t-1},$$

где  $\Delta p_{t-1} = p_{t-1} - p_{t-2}$  изменение цены  $(t-1)$ -го периода по отношению к предыдущему,

$k \in [0;1]$  коэффициент обучения, характеризующий значение, которое поставщики придают наблюдаемым колебаниям цен.

Для определения объемов предложения можно воспользоваться формулой:

$$S_t = c + d(p_{t-1} - k\Delta p_{t-1}) + V_t.$$

Если значение коэффициента обучения  $k = 0$ , то получим модель без обучения. Цель данной модификации паутинообразной модели остается прежней – нахождение равновесного значения цены. При этом есть основание полагать, что скорость сходимости к равновесной цене будет больше, чем у модели без обучения.

*Паутинообразная модель с запасами* предполагает введение дополнительной группы участников рыночного механизма (коммерсантов), которые держат запасы и организуют торговлю.

Пусть  $Q_t = S_t - D_t - Q_{t-1}$  – уровень запаса к концу  $t$ -го отрезка времени. Тогда за время изменение запасов за промежуток времени  $\Delta t$  составит

$$\Delta Q_t = Q_t - Q_{t-1} = S_t - D_t + Q_{t-1} - Q_{t-1} = S_t - D_t.$$

Если в течение последнего промежутка времени запасы уменьшились, то коммерсанты повышают цену относительно ее значения в предыдущий период и наоборот, понижают – в противном случае. При этом изменение цены является пропорциональным колебаниям запасов, т.е.

$$p_t = p_{t-1} - k\Delta Q_{t-1},$$

где  $k > 0$  константа.

Тогда функция предложения имеет вид:

$$S_t = c + d(p_{t-1} - k\Delta Q_{t-1}) + V_t.$$

Таким образом, для нахождения значений цены  $p_t$ , объемов спроса  $D_t$  и объемов предложения  $S_t$  на произвольном отрезке времени  $T$  достаточно задать начальные значения  $p_0$ ,  $\Delta Q_0$  и управляющего параметра  $k$ .

Задача моделирования заключается в исследовании влияния параметров системы на характер зависимости цены от времени.

Для построения вероятностной модели с обучением будем полагать  $S_t = -10 + 7p_t$ ,  $D_t = 100 - 10p_t$ . Пусть в начальный момент времени цена составила  $p_0 = 1$ .

Постройте имитационную модель равновесия на конкурентном рынке. Поясните назначение блоков модели и параметров блоков модели.

Используя инструментарий Simulink, напишите программу сценария для автоматизации управления имитационным экспериментом. Поясните все строки программы. Запуская m-файл, проведите моделирование в первом режиме моделирования (ключи находятся в верхнем положении). Поясните графики, наблюдаемые в окнах Score и Score 1. Задайте второй режим моделирования, т.е. ключи находятся в нижнем положении (на это отводится 10 секунд). Рассмотрите переходный процесс рынка в равновесное состояние. Как изменились графики, наблюдаемые в окнах Score и Score 1?

Опишите графики изменения цены, спроса и предложения во времени, наблюдаемые в окнах Score и Score 1 и график паутинообразной модели движения к рыночному равновесию.



Изучите влияние смещения линий спроса и предложения на рыночное равновесие. Для этого измените значения величины спроса и предложения при нулевой цене. Как изменятся графики, наблюдаемые в окнах Score и Score 1?

Изучите влияние крутизны линий спроса и предложения на рыночное равновесие. Для этого измените значения угловых коэффициентов функций спроса и предложения. При каких соотношениях этих коэффициентов система находится в состоянии устойчивых колебаний? При каких соотношениях угловых коэффициентов система неустойчива? Как изменятся графики, наблюдаемые в окнах Score и Score 1?

### **Задание 3**

*Имитационная модель циклов роста и падений в экономике (кризисов).* Задачей имитационного моделирования является исследования причинно-следственного механизма возникновения циклов и кризисов перепроизводства.

Предположим, промышленность выпускает автомобили. Существует постоянно растущая потребность в данном товаре. Полагаем, что производство полностью удовлетворяет потребности, но с задержкой (время на разработку новой модели автомобиля, подготовка производства к выпуску и т.д.). Выпущенные автомобили поступают в эксплуатацию от производителей. Поскольку автомобили – вещь долговременного пользования, то происходит их накопление. По истечении сроков эксплуатации, износа, аварий и т.д. происходит их выбытие из эксплуатации.

Модель должна вычислять предложение на автомобильном рынке, спрос на товар при изменении задержки при производстве автомобилей и позволять оценить степень устойчивости производства к кризисам и циклам.

Используя блок-схему модели, приведенную на рисунке, постройте имитационную модель кризисов, дополнив ее имитацией случайных факторов. Такими факторами могут быть: растущий, но ежегодно колеблющийся спрос на продукцию; срок службы товара как случайная величина. Вид закона распределения случайного фактора и его параметры задайте самостоятельно и поясните, почему вы приняли именно такой закон и параметры.

Задайте параметры блоков модели, придав параметрам конкретное физическое толкование. Добейтесь работоспособности модели путем подбора параметров и пробных прогонов модели. Поясните назначение блоков модели и параметров блоков модели.

Исследуйте с помощью построенной модели зависимость устойчивости системы (производства автомобилей) при различных лагах производства. Что происходит при увеличении задержки производства, т.е. отставания реакции производства на спрос, почему?

Исследуйте влияние параметра срока службы на показатели экономической системы (устойчивость, появление кризисов). Приведите результаты и поясните их. Укажите, при каких параметрах модели система будет устойчива?

Учитывая, что под начальным дефицитом понимается разница между необходимым и реальным парком автомобилей на момент моделирования, измените величину начальных условий на интеграторе блока «Поступление» и исследуйте влияние дефицита на показатели экономической системы, т.е. устойчивость, возможность кризисов. Что следует изменить в модели, чтобы повысить адекватность моделирования? Придайте случайным факторам конкретное экономическое или техническое толкование.

### **Критерии оценки (в баллах):**

**6 баллов** выставляется обучающемуся, если верно и в полном объеме знает традиционные и современные подходы к принятию управленческих решений на основе применения методов оптимизации; верно и в полном объеме умеет проводить многофакторный анализ элементов предметной области для выявления ограничений при принятии решений; использовать математические методы и модели, адекватные целям и задачам и интерпретировать полученные результаты применительно к моделируемой системе; анализировать и интерпретировать результаты расчетов по построенным математическим моделям в рамках поставленных профессиональных задач; использовать различные модели и методы принятия управленческих решений и проводить комплексный анализ динамических экономических процессов для принятия научно-обоснованных решений; осуществлять анализ альтернативных вариантов с целью принятия рациональных решений.

**5 баллов** выставляется обучающемуся, если с незначительными замечаниями знает традиционные и современные подходы к принятию управленческих решений на основе применения методов оптимизации; с незначительными замечаниями умеет проводить многофакторный анализ элементов предметной области для выявления ограничений при принятии решений; использовать математические методы и модели, адекватные целям и задачам и интерпретировать полученные результаты применительно к моделируемой системе; анализировать и интерпретировать результаты расчетов по построенным математическим моделям в рамках поставленных профессиональных задач; использовать различные модели и методы принятия управленческих решений и проводить комплексный анализ динамических экономических процессов для принятия научно-обоснованных решений; осуществлять анализ альтернативных вариантов с целью принятия рациональных решений.

**4 балла** выставляется обучающемуся, если на базовом уровне, с ошибками знает традиционные и современные подходы к принятию управленческих решений на основе применения методов оптимизации; на базовом уровне, с ошибками умеет проводить многофакторный анализ элементов предметной области для выявления ограничений при принятии решений; использовать математические методы и модели, адекватные целям и задачам и интерпретировать полученные результаты применительно к моделируемой системе; анализировать и интерпретировать результаты расчетов по построенным математическим моделям в рамках поставленных профессиональных задач; использовать различные модели и методы принятия управленческих решений и проводить комплексный анализ динамических экономических процессов для принятия научно-обоснованных решений; осуществлять анализ альтернативных вариантов с целью принятия рациональных решений.

## **Тема 6. Методы агентного моделирования**

### **Задание 1**

Разработать имитационную модель системы доставки мороженого с завода до складов и из складов до магазинов. в модели должны действовать следующие агенты: завод, склады, магазины, заказы и грузовики, причем грузовики при заводе должны иметь большую грузоподъемность, чем грузовики при складах, следовательно, это разные агенты. Добавьте еще один склад с двумя магазинами.

Добавьте сбор статистики по грузовикам на складах и на заводе.

По результатам прогона модели со статистикой, оптимизируйте количество грузовиков.

## Задание 2

Имеется семь аэропортов (Пулково, Шереметьево, Домодедово, Внуково, аэропорт г. Ярославля, аэропорт Смоленск-Северный, аэропорт г. Вологда), которым два раза в неделю требуются запасные части для технического обслуживания и ремонта самолетов. В Нижнем Новгороде есть предприятие, осуществляющее производство и доставку запасных частей.

Заявки на доставку от аэропортов поступают на предприятие в форме заказа. После прихода заказа его выполняют. На погрузку запасных частей в автомобиль требуется от двух до трёх часов. Столько же времени требуется и на разгрузку автомобиля в аэропорту. После получения запчастей аэропорт оповещает об этом предприятие сообщением «Доставлено!». Автомобиль из аэропорта отправляется обратно на предприятие.

Разработать имитационную агентную модель процесса доставки запасных частей для оценки оптимального количества автомобилей при их загрузке не более 85%.

Измените модель – добавьте ещё три аэропорта по своему усмотрению, в которые нужно будет также доставлять запасные части. Проведите на тех же условиях оптимизационный эксперимент. Сделайте выводы.

## Задание 3

Ремонтно-восстановительная база (РВБ) осуществляет техническое обеспечение системы связи, состоящей из  $n$  узлов связи. Под техническим обеспечением понимается периодическое техническое обслуживание (ПТО) и ремонт вышедших из строя узлов связи.

Для доставки отделения специалистов на узлы связи РВБ имеет  $n_1$  вертолётов и  $n_2$  автомобилей.

ПТО проводится каждые  $t_1$  недель. Отделение специалистов для проведения ПТО доставляется на узел связи на автомобиле. Скорость движения автомобиля  $V_1$  км в час. Время проведения ПТО равно  $t_2$  часам.

Во время ожидания отделения специалистов узел связи может выйти из строя. Интенсивность выхода из строя –  $k$  раз в неделю.

Время выхода из строя узла связи распределено по экспоненциальному закону со средним значением  $t_3$  часов. Отделение специалистов для ремонта доставляется на узел связи на вертолёте. Скорость полёта вертолёта  $V_2$  км в час.

Время ремонта вышедшего из строя узла связи подчинено экспоненциальному закону со средним значением  $t_4$  часов.

Разработать мультиагентную модель технического обеспечения системы связи для оценки в течение одного года (8760 часов) функционирования математического ожидания её коэффициента технической готовности (КТГ) и оптимального количества вертолётов и автомобилей при их загрузке не более 85%, полагая при этом и соответствующее количество отделений специалистов.

Результаты моделирования необходимо получить с точностью  $\varepsilon = 0,01$  и доверительной вероятностью  $\alpha = 0,95$ .

Исходные данные:  $n = 10$ ,  $n_1 = 2$ ,  $n_2 = 5$ ,  $t_1 = 2$ ,  $t_2 = 10$ ,  $t_3 = 250$ ,  $t_4 = 10$ ,  $k = 1$ ,  $V_1 = 55$ ,  $V_2 = 200$ .

### Критерии оценки (в баллах):

**6 баллов** выставляется обучающемуся, если верно и в полном объеме знает основные понятия и определения базовых разделов экономики, математики, статистики, вычислительной техники, программирования; верно и в полном объеме умеет решать прикладные задачи, используя естественнонаучные и общинженерные знания, методы оптимизации, методы математического анализа и моделирования; использовать математические методы и модели, адекватные целям и задачам и интерпретировать полученные результаты применительно к моделируемой системе.

**5 баллов** выставляется обучающемуся, если с незначительными замечаниями знает основные понятия и определения базовых разделов экономики, математики, статистики, вычислительной техники, программирования с незначительными замечаниями умеет решать прикладные задачи, используя естественнонаучные и общинженерные знания, методы оптимизации, методы математического анализа и моделирования; использовать математические методы и модели, адекватные целям и задачам и интерпретировать полученные результаты применительно к моделируемой системе.

**4 балла** выставляется обучающемуся, если на базовом уровне, с ошибками знает основные понятия и определения базовых разделов экономики, математики, статистики, вычислительной техники, программирования; на базовом уровне, с ошибками умеет решать прикладные задачи, используя естественнонаучные и общинженерные знания, методы оптимизации, методы математического анализа и моделирования; использовать математические методы и модели, адекватные целям и задачам и интерпретировать полученные результаты применительно к моделируемой системе.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ ВО ВРЕМЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### Структура зачетного задания

<i>Наименование оценочного средства</i>	<i>Максимальное количество баллов</i>
Вопрос 1	15
Вопрос 2	15
Практическое задание (комп. симуляция)	10

### Задания, включаемые в зачетное задание

#### *Вопросы к зачету:*

1. Понятия модели и моделирования.
2. Принципы построения математических моделей.
3. Классификационные признаки и классификация моделей.
4. Основные этапы математического моделирования. Понятие о вычислительном эксперименте. Оценка адекватности, устойчивости, чувствительности.
5. Понятие имитационного моделирования.
6. Принципы организации имитационного моделирования.
7. Методы генерации случайных чисел.
8. Проверка генераторов равномерно распределенных псевдослучайных чисел.
9. Методы формирования псевдослучайных чисел с заданным законом распределения (аналитический, табличный, метод композиций).
10. Моделирование случайных величин. Общая характеристика методов моделирования случайных величин.
11. Моделирование случайных величин с негауссовским распределением. Метод обратной функции.

12. Моделирование простого события.
13. Моделирование полной группы несовместных событий.
14. Моделирование дискретной случайной величины.
15. Моделирование непрерывных случайных величин.
16. Моделирование случайных величин с показательным распределением.
17. Моделирование случайных величин с равномерным распределением.
18. Моделирование случайных величин с нормальным распределением.
19. Моделирование случайных величин с усеченным нормальным распределением.
20. Моделирование случайных величин с произвольным распределением.
21. Организация экспериментов. Проблемы организации имитационных экспериментов.
22. Оценка точности результатов моделирования.
23. Факторный план. Дисперсионный анализ в планировании экспериментов.
24. Особенности планирования экспериментов.
25. Метод статистических испытаний Монте-Карло.
26. Общая модель оценки рисков.
27. Имитационная модель оценки риска инвестиционного проекта по производству продукта.
28. Управление модельным временем. Алгоритмы продвижения модельного времени.
29. Временная диаграмма. Моделирование параллельных процессов.
30. Применение сетевых моделей для описания параллельных процессов.
31. Использование дискретных потоков для дискретно-событийного моделирования.
32. Разработка планов экспериментов. Проведение имитационных экспериментов с использованием файлов сценариев.
33. Имитационные модели СМО.
34. Модель обработки запросов сервером.
35. Модель обработки документов в организации.
36. Модель функционирования предприятия.
37. Моделирование процессов управления запасами (модели логистики).
38. Имитационная модель деятельности банка.
39. Имитационная модель выдачи кредита в банке.
40. Системная динамика. Основные концепции системной динамики.
41. Последовательность этапов системно-динамического моделирования.
42. Понятие когнитивной карты.
43. Применение знаковых и взвешенных орграфов для моделирования систем.
44. Импульсные процессы в знаковых и взвешенных орграфах.
45. Понятие импульсной и абсолютной устойчивости орграфа.
46. Построение концептуальных моделей экономических систем и процессов.
47. Верификация и оценка устойчивости системно-динамических моделей.
48. Проведение сценарного анализа.
49. Паутинообразная равновесная модель системной динамики.
50. Имитационная модель циклов роста и падения в экономике.
51. Применение когнитивных моделей в системах поддержки принятия решений.
52. Агентное (мультиагентное) моделирование. Основные понятия.
53. Типичные свойства агента.
54. Реализация взаимодействия агентов друг с другом и внешней средой при мультиагентном моделировании.
55. Представление пространственной динамики агентов.

### ***Задания для компьютерных симуляций на зачете:***

1. Выполните модель работы двух топливозаправочных станций. Требуется сравнить эффективность использования двух топливозаправочных станций (ТЗС) на протяжении 14

дней. В качестве показателя эффективности используется коэффициент использования оборудования  $K_u$ . Эта величина рассчитывается как отношение количества заправленных машин к потенциально возможной пропускной способности станций.

Исходные данные для моделирования:

- Первая топливозаправочная станция имеет 8 топливозаправочных колонок (ТЗК).
- Вторая топливозаправочная станция имеет 4 ТЗК.
- Среднее время заправки одного автомобиля на любой из заправок составляет 5 мин.
- Работа ТЗС круглосуточная (24 часа).
- Количество автомобилей, заправленных в течение суток, – величина случайная и подчиняется нормальному закону распределения. Для первой ТЗС закон распределения СВ имеет параметры  $\mu_1 = 1000$  автомобилей,  $\sigma_1 = 250$  автомобилей; для второй ТЗС эти параметры равны  $\mu_2 = 850$  автомобилей,  $\sigma_2 = 70$  автомобилей.
- Поясните назначение каждого блока модели и заданные параметры. Интерпретируйте результаты моделирования.

2. Выполните имитацию работы банка, осуществляющего прием вкладов. Размер депозита является случайной величиной с нормальным законом распределения (среднее значение –  $MD = 50000$  рублей; среднее квадратическое отклонение  $SD = 10000$  рублей). Время между приходом двух вкладчиков – случайная величина с показательным законом распределения (среднее значение  $t_z = 1$  час), а время обслуживания равномерно распределено на интервале  $[a; b]$ , где  $a = 20$  мин.;  $b = 30$  мин. Как будет выглядеть очередность посетителей на протяжении одного рабочего дня (12 часов)? Какой общий размер вкладов будет осуществлен в течение одного рабочего дня? Какой общий размер вкладов будет осуществлен к моменту времени 12:00 часов? Проведите имитационный эксперимент и определите среднее время пребывания клиента в системе.

3. В банковский офис обращаются клиенты. Офис представляет собой автоматизированный пункт обслуживания, в котором установлен банкомат. Банкомат одновременно может обслуживать только одного клиента. Клиенты прибывают с интенсивностью  $\lambda = 0,67$ . Вместимость офиса – не более 15 клиентов. Интервал времени работы банкомата является случайной величиной, которая подчиняется треугольному закону распределения с параметрами  $x_{\min} = 0,8$ ,  $x_{\max} = 1,3$ , предпочтительное значение = 1. Требуется построить модель обслуживания клиентов и провести анализ работы банковского офиса.

4. В систему поступают заявки – телефонные вызовы с интервалом времени между вызовами, который соответствует экспоненциальному закону распределения с интенсивностью  $\lambda = 1,5$ . Заявки обслуживаются в процессоре. Обслуживание заявок выполняется с интенсивностью  $\lambda = 0,5$ . При обслуживании вызова используется  $N$  каналов телефонной сети. Число каналов телефонной станции изменяется от 1 до 100. Требуется построить модель обслуживания телефонных вызовов в соответствии с предъявленными требованиями.

5. Постройте модель демографической динамики в среде обитания с ограниченной пропускной способностью. Для простоты исследования предположите, что пропускная способность является постоянной. В данной модели будет только один накопитель – уровень населения. Рассмотрите закрытую систему, т.е. без учета эмиграции и иммиграции. Рождаемость будет единственным потоком, а смертность – единственным оттоком, связанным с накопителем. Предположим, что экологические ресурсы неограниченны, поэтому уровень рождаемости будет являться постоянным. Установите по умолчанию начальное значение уровня населения = 2000, максимальный уровень рождаемости = 0,04, максимальная средняя продолжительность жизни = 70. Выполните имитацию модели и проанализируйте графики показателей Население, Рождаемость, Смертность, Уровень жизни.

**Показатели и критерии оценивания планируемых результатов освоения компетенций и результатов обучения, шкала оценивания**

Шкала оценивания	Формируемые компетенции	Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Уровень освоения компетенций	
85 – 100 баллов	«зачтено»	УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.2. Выбирает оптимальные способы решения задач, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	<p><b>Знает верно и в полном объеме:</b> основные методы принятия решений, в том числе в условиях риска и неопределенности</p> <p><b>Умеет верно и в полном объеме:</b> проводить многофакторный анализ элементов предметной области для выявления ограничений при принятии решений</p>	Продвинутый
		ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Формализует стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	<p><b>Знает верно и в полном объеме:</b> основные понятия и определения базовых разделов экономики, математики, статистики, вычислительной техники, программирования</p> <p><b>Умеет верно и в полном объеме:</b> осуществлять сбор, систематизацию, формализацию, интерпретацию, первичную обработку и анализ данных для исследования конкретных экономических ситуаций, используя методы математического, статистического, экономического анализа и моделирования</p>	
			ОПК-1.2. Применяет естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования для решения профессиональных задач	<p><b>Знает верно и в полном объеме:</b> основные методы исследования, приемы и инструменты математического, статистического, экономического анализа и моделирования</p> <p><b>Умеет верно и в полном объеме:</b> решать прикладные задачи, используя естественнонаучные и общинженерные знания, методы оптимизации, методы математического анализа и моделирования; использовать математические методы и модели, адекватные целям и задачам и интерпретировать полученные результаты применительно к моделируемой системе</p>	

		<p>ОПК-6. Способен анализировать и разрабатывать организационно-технические и экономические процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования</p>	<p>ОПК-6.1. Применяет и адаптирует методы теории систем и системного анализа, математического, статистического и имитационного моделирования, методы исследования математических моделей для автоматизации задач принятия решений</p> <p>ОПК-6.2. Применяет и адаптирует экономико-математические модели для принятия оптимальных управленческих решений</p>	<p><b>Знает верно и в полном объеме:</b> основные понятия, используемые для математического описания задач профессиональной деятельности и современный математический инструментарий</p> <p><b>Умеет верно и в полном объеме:</b> анализировать и интерпретировать результаты расчетов по построенным математическим моделям в рамках поставленных профессиональных задач</p> <p><b>Знает верно и в полном объеме:</b> традиционные и современные подходы к принятию управленческих решений на основе применения методов оптимизации</p> <p><b>Умеет верно и в полном объеме:</b> использовать различные модели и методы принятия управленческих решений и проводить комплексный анализ динамических экономических процессов для принятия научно-обоснованных решений; осуществлять анализ альтернативных вариантов с целью принятия рациональных решений</p>	
<p><b>70 – 84 баллов</b></p>	<p>«зачтено»</p>	<p>УК-2. 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>ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности</p>	<p>УК-2.2. Выбирает оптимальные способы решения задач, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений</p> <p>ОПК-1.1. Формализует стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общепрофессиональных знаний, методов математического анализа и моделирования</p>	<p><b>Знает с незначительными замечаниями:</b> основные методы принятия решений, в том числе в условиях риска и неопределенности</p> <p><b>Умеет с незначительными замечаниями:</b> проводить многофакторный анализ элементов предметной области для выявления ограничений при принятии решений</p> <p><b>Знает с незначительными замечаниями:</b> основные понятия и определения базовых разделов экономики, математики, статистики, вычислительной техники, программирования</p> <p><b>Умеет с незначительными замечаниями:</b> осуществлять сбор, систематизацию, формализацию, интерпретацию, первичную обработку и анализ данных для исследования конкретных экономических ситуаций, используя методы математического, статистического, экономического анализа и моделирования</p>	<p><b>Повышенный</b></p>



		<p>ОПК-1.2. Применяет и адаптирует естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования для решения профессиональных задач</p>	<p><b>Знает с незначительными замечаниями:</b> основные методы исследования, приемы и инструменты математического, статистического, экономического анализа и моделирования</p> <p><b>Умеет с незначительными замечаниями:</b> решать прикладные задачи, используя естественнонаучные и инженерные знания, методы оптимизации, методы математического анализа и моделирования; использовать математические методы и модели, адекватные целям и задачам и интерпретировать полученные результаты применительно к моделируемой системе</p>	
	<p>ОПК-6. Способен анализировать и разрабатывать организационно-технические и экономические процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования</p>	<p>ОПК-6.1. Применяет и адаптирует методы теории систем и системного анализа, математического, статистического и имитационного моделирования, методы исследования математических моделей для автоматизации задач принятия решений</p>	<p><b>Знает с незначительными замечаниями:</b> основные понятия, используемые для математического описания задач профессиональной деятельности и современный математический инструментарий</p> <p><b>Умеет с незначительными замечаниями:</b> анализировать и интерпретировать результаты расчетов по построенным математическим моделям в рамках поставленных профессиональных задач</p>	
		<p>ОПК-6.2. Применяет и адаптирует экономико-математические модели для принятия оптимальных управленческих решений</p>	<p><b>Знает с незначительными замечаниями:</b> традиционные и современные подходы к принятию управленческих решений на основе применения методов оптимизации</p> <p><b>Умеет с незначительными замечаниями:</b> использовать различные модели и методы принятия управленческих решений и проводить комплексный анализ динамических экономических процессов для принятия научно-обоснованных решений; осуществлять анализ альтернативных вариантов с целью принятия рациональных решений</p>	
<p><b>50 – 69 баллов</b></p>	<p><b>«зачтено»</b></p>	<p>УК-2. 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>УК-2.2. Выбирает оптимальные способы решения задач, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений</p>	<p><b>Знает на базовом уровне, с ошибками:</b> основные методы принятия решений, в том числе в условиях риска и неопределенности</p> <p><b>Умеет на базовом уровне, с ошибками:</b> проводить многофакторный анализ элементов предметной области для выявления ограничений при принятии решений</p>	<p><b>Базовый</b></p>

		<p>ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК-1.1. Формализует стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общепрофессиональных знаний, методов математического анализа и моделирования</p> <p>ОПК-1.2. Применяет естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы математического анализа и моделирования для решения профессиональных задач</p>	<p><b>Знает на базовом уровне, с ошибками:</b> основные понятия и определения базовых разделов экономики, математики, статистики, вычислительной техники, программирования</p> <p><b>Умеет на базовом уровне, с ошибками:</b> осуществлять сбор, систематизацию, формализацию, интерпретацию, первичную обработку и анализ данных для исследования конкретных экономических ситуаций, используя методы математического, статистического, экономического анализа и моделирования</p> <p><b>Знает на базовом уровне, с ошибками:</b> основные методы исследования, приемы и инструменты математического, статистического, экономического анализа и моделирования</p> <p><b>Умеет на базовом уровне, с ошибками:</b> решать прикладные задачи, используя естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы оптимизации, методы математического анализа и моделирования; использовать математические методы и модели, адекватные целям и задачам и интерпретировать полученные результаты применительно к моделируемой системе</p> <p><b>Знает на базовом уровне, с ошибками:</b> основные понятия, используемые для математического описания задач профессиональной деятельности и современный математический инструментарий</p> <p><b>Умеет на базовом уровне, с ошибками:</b> анализировать и интерпретировать результаты расчетов по построенным математическим моделям в рамках поставленных профессиональных задач</p> <p><b>Знает на базовом уровне, с ошибками:</b> традиционные и современные подходы к принятию управленческих решений на основе применения методов оптимизации</p> <p><b>Умеет на базовом уровне, с ошибками:</b> использовать различные модели и методы принятия управленческих решений и проводить комплексный анализ динамических экономических процессов для принятия научно-обоснованных решений; осуществлять анализ альтернативных вариантов с целью принятия рациональных решений</p>	
		<p>ОПК-6. Способен анализировать и разрабатывать организационно-технические и экономические процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования</p>	<p>ОПК-6.1. Применяет и адаптирует методы теории систем и системного анализа, математического, статистического и имитационного моделирования, методы исследования математических моделей для автоматизации задач принятия решений</p> <p>ОПК-6.2. Применяет и адаптирует экономико-математические модели для принятия оптимальных управленческих решений</p>		

менее 50 баллов	«не зачтено»	УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.2. Выбирает оптимальные способы решения задач, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	<b>Не знает на базовом уровне:</b> основные методы принятия решений, в том числе в условиях риска и неопределенности <b>Не умеет на базовом уровне:</b> проводить многофакторный анализ элементов предметной области для выявления ограничений при принятии решений	Компетенции не сформированы
		ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Формализует стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	<b>Не знает на базовом уровне:</b> основные понятия и определения базовых разделов экономики, математики, статистики, вычислительной техники, программирования <b>Не умеет на базовом уровне:</b> осуществлять сбор, систематизацию, формализацию, интерпретацию, первичную обработку и анализ данных для исследования конкретных экономических ситуаций, используя методы математического, статистического, экономического анализа и моделирования	
			ОПК-1.2. Применяет естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования для решения профессиональных задач	<b>Не знает на базовом уровне:</b> основные методы исследования, приемы и инструменты математического, статистического, экономического анализа и моделирования <b>Не умеет на базовом уровне:</b> решать прикладные задачи, используя естественнонаучные и общинженерные знания, методы оптимизации, методы математического анализа и моделирования; использовать математические методы и модели, адекватные целям и задачам и интерпретировать полученные результаты применительно к моделируемой системе	
		ОПК-6. Способен анализировать и разрабатывать организационно-технические и экономические процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования	ОПК-6.1. Применяет и адаптирует методы теории систем и системного анализа, математического, статистического и имитационного моделирования, методы исследования математических моделей для автоматизации задач принятия решений	<b>Не знает на базовом уровне:</b> основные понятия, используемые для математического описания задач профессиональной деятельности и современный математический инструментарий <b>Не умеет на базовом уровне:</b> анализировать и интерпретировать результаты расчетов по построенным математическим моделям в рамках поставленных профессиональных задач	
			ОПК-6.2. Применяет и адаптирует экономико-математические модели для принятия оптимальных управленческих решений	<b>Не знает на базовом уровне:</b> традиционные и современные подходы к принятию управленческих решений на основе применения методов оптимизации <b>Не умеет на базовом уровне:</b> использовать различные модели и методы принятия управленческих решений и проводить комплексный анализ динамических экономических процессов для принятия научно-обоснованных решений; осуществлять анализ альтернативных вариантов с целью принятия рациональных решений	

