

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета  Небольсин В.А.  
«31» августа 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины  
«Математическое моделирование биологических процессов  
и систем»

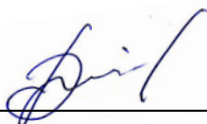
**Направление подготовки** 12.04.04 Биотехнические системы и технологии  
**Профиль** «Интеллектуальные системы управления в здравоохранении»  
**Квалификация выпускника** магистр  
**Нормативный период обучения** 2 года / 2 года и 3 месяца  
**Форма обучения** очная / заочная  
**Год начала подготовки** 2021

Автор программы

  
\_\_\_\_\_

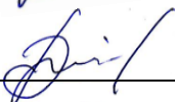
Новикова Е.И.

Заведующий кафедрой  
Системного анализа и  
управления в медицинских  
системах

  
\_\_\_\_\_

Коровин Е.Н.

Руководитель ОПОП

  
\_\_\_\_\_

Коровин Е.Н.

Воронеж 2021

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **1.1. Цели дисциплины**

подготовка студентов в области исследования сложных систем и процессов на основе математического моделирования.

### **1.2. Задачи освоения дисциплины**

изучение математического моделирования как метода, реализующего системные принципы исследования сложных систем;

формирование навыков построения систем массового обслуживания на базе имитационного моделирования;

овладение методами исследования и оптимизации биологических процессов и систем.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП**

Дисциплина «Математическое моделирование биологических процессов и систем» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

## **3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Процесс изучения дисциплины «Математическое моделирование биологических процессов и систем» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 - способностью анализировать современное состояние проблем в предметной области биотехнических систем и технологий (включая биомедицинские и экологические задачи),

ПК-2 - способностью выбирать оптимальные методы и методики изучения свойств биологических объектов и формировать программы исследований,

ПК-3 - способностью организовывать и проводить медико-биологические, эргономические и экологические исследования,

ПК-4 - способностью ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты научных исследований.

<b>Компетенция</b>	<b>Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции</b>
ПК-1	знать цель, основные задачи и области применения методов математического моделирования в сфере биотехнических систем и технологий
	уметь адекватно ставить задачи исследования и оптимизации сложных объектов на основе методов математического моделирования
	владеть навыками выбора адекватных методов исследования математических моделей
ПК-2	знать методы синтеза и исследования моделей
	уметь выбирать класс модели, оптимизировать ее структуру в зависимости от поставленной задачи, свойств моделируемого объекта и различных условий
	владеть практическими навыками работы с программными пакетами математического моделирования
ПК-3	знать методы многокритериального выбора альтернатив
	уметь разрабатывать модели систем с использованием различных подходов к исследованию систем
	владеть методами многокритериального выбора альтернатив на основе теории нечетких множеств
ПК-4	знать технологии моделирования
	уметь обрабатывать и анализировать полученные результаты моделирования
	владеть навыками принятия адекватных решений по результатам исследования моделей

#### **4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ**

Общая трудоемкость дисциплины «Математическое моделирование биологических процессов и систем» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий.

##### **очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		1
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	36	36
В том числе:		
Лекции	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
<b>Самостоятельная работа</b>	108	108
<b>Курсовая работа</b>	+	+
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

## заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		3
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	18	18
В том числе:		
Лекции	6	6
Лабораторные работы (ЛР)	12	12
<b>Самостоятельная работа</b>	153	153
<b>Курсовая работа</b>	+	+
Часы на контроль	9	9
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

**очная форма обучения**

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Системы массового обслуживания и случайные процессы.	Классификация математических методов и моделей. Системы массового обслуживания, их классы и основные характеристики. Сети массового обслуживания.	2	4	26	32
2	Технологии имитационного моделирования.	Область применения и классификация имитационных моделей. Принципы имитационного моделирования. Описание поведения системы. Моделирование случайных факторов. Управление модельным временем.	4	4	28	36
3	Основные понятия нечеткой логики.	Аппарат нечетких множеств и нечеткой логики. Запись нечетких множеств. Основные характеристики нечетких множеств. Операции над нечеткими множествами. Нечеткие и лингвистические операции. Нечеткие отношения. Нечеткие логические выводы.	4	2	28	34
4	Принятие решение на основе теории нечетких множеств.	Многокритериальный выбор альтернатив на основе пересечения нечетких множеств. Многокритериальный выбор альтернатив на основе нечеткого отношения предпочтения. Многокритериальный выбор альтернатив на основе аддитивной свертки. Ранжирование альтернатив на множестве лингвистических векторных оценок.	8	8	26	42
<b>Итого</b>			<b>18</b>	<b>18</b>	<b>108</b>	<b>144</b>

## заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Системы массового обслуживания и случайные процессы.	Классификация математических методов и моделей. Системы массового обслуживания, их классы и основные характеристики. Сети массового обслуживания.	-	2	36	38
2	Технологии имитационного моделирования.	Область применения и классификация имитационных моделей. Принципы имитационного моделирования. Описание поведения системы. Моделирование случайных факторов. Управление модельным временем.	2	4	38	44
3	Основные понятия нечеткой логики.	Аппарат нечетких множеств и нечеткой логики. Запись нечетких множеств. Основные характеристики нечетких множеств. Операции над нечеткими множествами. Нечеткие и лингвистические операции. Нечеткие отношения. Нечеткие логические выводы.	2	2	39	43
4	Принятие решение на основе теории нечетких множеств.	Многокритериальный выбор альтернатив на основе пересечения нечетких множеств. Многокритериальный выбор альтернатив на основе нечеткого отношения предпочтения. Многокритериальный выбор альтернатив на основе аддитивной свертки. Ранжирование альтернатив на множестве лингвистических векторных оценок.	2	4	40	46
<b>Итого</b>			<b>6</b>	<b>12</b>	<b>153</b>	<b>171</b>

### 5.2 Перечень лабораторных работ очная форма обучения

Лабораторная работа № 1. Разработка модели функционирования медицинской системы в основе системы массового обслуживания.

Лабораторная работа № 2. Разработка модели функционирования системы на основе имитационного моделирования.

Лабораторная работа № 3. Разработка модели для многокритериального выбора альтернативы на основе пересечения нечетких множеств.

Лабораторная работа № 4. Разработка модели для многокритериального выбора альтернативы на основе нечеткого отношения предпочтения.

Отчетное обобщающее занятие.

### **заочная форма обучения**

Лабораторная работа № 1. Разработка модели функционирования медицинской системы в основе системы массового обслуживания.

Лабораторная работа № 2. Разработка модели для многокритериального выбора альтернативы на основе пересечения нечетких множеств.

Лабораторная работа № 3. Разработка модели для многокритериального выбора альтернативы на основе нечеткого отношения предпочтения.

## **6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ**

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 1 семестре для очной формы обучения, в 3 семестре для заочной формы обучения.

Тематика курсовой работы: «Разработка моделей для принятия решения на основе многокритериальных методов».

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

- закрепления, расширения и углубления теоретических знаний;
- приобретение практических навыков использования системных методов при решении практических задач, связанных с математическим моделированием и исследованием систем;
- получение навыков самостоятельного и творческого подхода к решению практических задач исследования, анализа систем;
- изучение и овладение навыками использования современных информационных технологий моделирования;
- получение самостоятельных навыков использования различных информационных источников: специальной литературой, стандартами, справочниками.

Курсовая работа включает в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

## **7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

### **7.1.1 Этап текущего контроля**

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-1	знать цель, основные задачи и области применения методов математического моделирования в сфере биотехнических систем и технологий	Активная работа на лабораторных занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсовой работы и лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь адекватно ставить задачи исследования и оптимизации сложных объектов на основе методов математического моделирования	Решение стандартных практических задач на лабораторных занятиях, написание курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками выбора адекватных методов исследования математических моделей	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-2	знать методы синтеза и исследования моделей	Активная работа на лабораторных занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсовой работы и лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь выбирать класс модели, оптимизировать ее структуру в зависимости от поставленной задачи, свойств моделируемого объекта и различных условий	Решение стандартных практических задач на лабораторных занятиях, написание курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть практическими навыками работы с программными пакетами математического моделирования	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-3	знать методы многокритериального выбора альтернатив	Активная работа на лабораторных занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсовой работы и лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь разрабатывать модели систем с использованием различных подходов к исследованию систем	Решение стандартных практических задач на лабораторных занятиях, написание курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методами многокритериального выбора альтернатив на основе теории нечетких множеств	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-4	знать технологии моделирования	Активная работа на лабораторных занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь обрабатывать и анализировать полученные результаты моделирования	Решение стандартных практических задач на лабораторных занятиях, написание курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками принятия адекватных решений по результатам исследования моделей	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

## 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 1 семестре для очной формы обучения и в 3 семестре для заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерий оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовлетворител.
ПК-1	знать цель, основные задачи и области применения методов математического моделирования в сфере биотехнических систем и технологий	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь адекватно ставить задачи исследования и оптимизации сложных объектов на основе методов математического моделирования	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками выбора адекватных методов исследования математических моделей	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-2	знать методы синтеза и исследования моделей	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь выбирать класс модели, оптимизировать ее структуру в зависимости от поставленной задачи, свойств моделируемого объекта и различных условий	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть практическими навыками работы с программными пакетами математического моделирования	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-3	знать методы многокритериального выбора альтернатив	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь разрабатывать модели систем с использованием различных подходов к исследованию систем	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методами много-	Решение	Задачи ре-	Продемонстриро-	Продемон-	Задачи не



Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерий оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовлетворител.
	критериального выбора альтернатив на основе теории нечетких множеств	прикладных задач в конкретной предметной области	шены в полном объеме и получены верные ответы	ван верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	стрирован верный ход решения в большинстве задач	решены
ПК-4	знать технологии моделирования	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь обрабатывать и анализировать полученные результаты моделирования	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками принятия адекватных решений по результатам исследования моделей	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

## 7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

### 7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. В каком виде может быть представлена цепь Маркова?

- а) логического алгоритма,
- б) ориентированного графа,
- в) причинно-следственных связей,
- г) дерева иерархии.

2. Сеть массового обслуживания (СМО) – это

- а) совокупность взаимосвязанных систем массового обслуживания (СМО), в среде которых циркулируют заявки,
- б) система, которая производит обслуживание поступающих в неё требований,
- в) набор не взаимосвязанных СМО,
- г) все верно.

3. Что включают в себя узловые характеристики, оценивающие функционирование каждой СМО?

- а) характеристики потока заявок, поступающего на вход узла, и весь набор характеристик, присущих СМО,
- б) характеристики потока заявок, поступающего на вход узла,
- в) весь набор характеристик, присущих СМО,

г) характеристики потока заявок, поступающего на выход узла, и весь набор характеристик, присущих СМО.

**4.** На какие виды делятся СеМО в зависимости от характера процессов поступления и обслуживания заявок в сети?

- а) линейные и нелинейные,
- б) однородные и неоднородные,
- в) стохастические и детерминированные,
- г) приоритетные и бесприоритетные.

**5.** Какие виды СеМО по виду зависимостей, связывающих интенсивности потоков заявок в разных узлах?

- а) линейные и нелинейные,
- б) однородные и неоднородные,
- в) стохастические и детерминированные,
- г) приоритетные и бесприоритетные.

**6.** Чем может быть обусловлена нелинейность СеМО?

- а) потерей заявок в сети,
- б) потерей заявок в сети и размножением заявок в сети,
- в) размножением заявок в сети,
- г) ни один из вариантов.

**7.** Для определения чего применяется формула Литтла?

- а) коэффициента загрузки,
- б) среднего числа заявок на обслуживании,
- в) среднего времени пребывания заявки в очереди,

**8.** Число заявок, которое система может обслужить в единицу времени?

- а) абсолютную пропускную способность,
- б) относительную пропускную способность.

**9.** Какой поток называется стационарным?

а) если вероятность поступления определенного количества вызовов за любой промежуток времени определяется лишь длительностью этого промежутка и не зависит от момента его начала;

б) в котором вероятность поступления более чем одного вызова за малый промежуток времени пренебрежительно мала по сравнению с вероятностью поступления одного вызова;

в) если вероятность поступления вызова в момент времени  $t$  не зависит от предыдущих событий.

**10.** Какое нечеткое множество является нормальным?

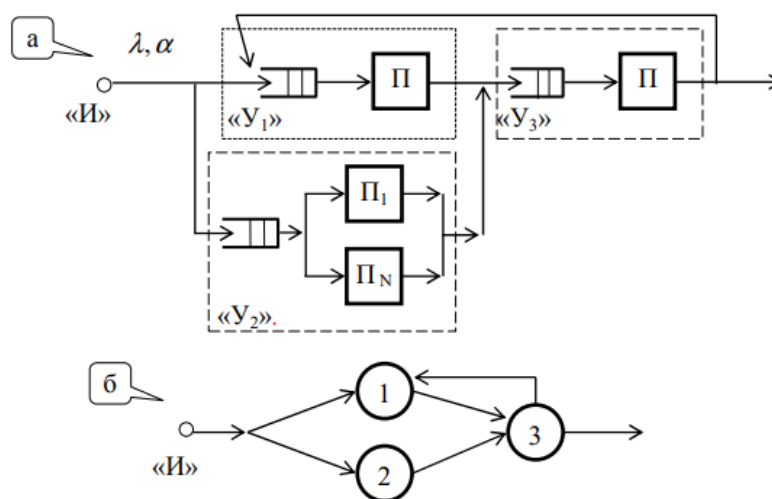
а) если хотя бы один элемент этого множества имеет коэффициент принадлежности  $= 1$ ;

б) когда  $\mu_A(x) = \mu_B(x)$  для каждого элемента обоих подмножеств;

в)  $\mu_{DIL}(x) = [\mu_A(x)]^{0.5}$ .

## 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. На каком рисунке изображен граф СеМО?



а) а,

б) б,

в) на обоих,

г) ни на одном.

2. Что характеризуют величины  $P_0$ ,  $U$  и  $S$ ?

а) степень загрузки СМО,

б) качество обслуживания заявок,

в) количество заявок, обслуживаемых СМО в единицу времени.

3. Какой формулой обозначается пропускная способность СМО?

а)  $S = m \cdot U$ ,

б)  $U = \rho(1 - P_{отк})$ ,

в)  $\gamma = \mu \cdot S$ .

4. Что из перечисленного верно для разомкнутых СМО

а) коэффициент загрузки:  $U = \rho$ ,

б) пропускная способность:  $\gamma = \lambda$ ,

в) верно все,

г) ничего из перечисленного.

5. Какие величины рассчитываются по-разному в зависимости от типа СМО?

а)  $P_0$ ,  $P_{отк}$ ,  $q$ ;

б)  $\lambda$ ,  $\rho$ ,  $U$ ;

в)  $S$ ,  $k$ ,  $w$ .

6. Нечеткое множество  $A$  определено дискретным способом:

$$A = \left\{ \frac{0,1}{x_1}, \frac{0,5}{x_2}, \frac{0,8}{x_3}, \frac{1,0}{x_4}, \frac{0,8}{x_5}, \frac{0,5}{x_6}, \frac{0,1}{x_7} \right\}.$$

Определить меру нечеткости по мере Р. Егера в соответствии с метрикой Хемминга.

- а) 0,296;
- б) 0,347;
- в) 0,457;
- г) 0,572.

7. Нечеткое множество А определено дискретным способом:

$$A = \left\{ \frac{0,1}{x_1}, \frac{0,5}{x_2}, \frac{0,8}{x_3}, \frac{1,0}{x_4}, \frac{0,8}{x_5}, \frac{0,5}{x_6}, \frac{0,1}{x_7} \right\}.$$

Определить меру нечеткости по мере Р. Егера в соответствии с метрикой Евклида.

- а) 0,296;
- б) 0,347;
- в) 0,457;
- г) 0,572.

8. Нечеткое множество А определено дискретным способом:

$$A = \left\{ \frac{0,1}{x_1}, \frac{0,5}{x_2}, \frac{0,8}{x_3}, \frac{1,0}{x_4}, \frac{0,8}{x_5}, \frac{0,5}{x_6}, \frac{0,1}{x_7} \right\}.$$

Определить меру нечеткости по мере Коско.

- а) 0,296;
- б) 0,347;
- в) 0,457;
- г) 0,572.

9. Даны два нечетких множества А и В, определенные следующим образом:

$$A = \left\{ \frac{1}{x_1}, \frac{0,5}{x_2}, \frac{0,8}{x_3}, \frac{0,3}{x_4}, \frac{0,7}{x_5} \right\},$$
$$B = \left\{ \frac{0,6}{x_1}, \frac{0,8}{x_2}, \frac{0,4}{x_3}, \frac{0,6}{x_4}, \frac{0,1}{x_5} \right\}.$$

Найти логическую сумму этих множеств С.

- а)  $C = \left\{ \frac{1}{x_1}, \frac{0,8}{x_2}, \frac{0,8}{x_3}, \frac{0,6}{x_4}, \frac{0,7}{x_5} \right\},$
- а)  $C = \left\{ \frac{0,6}{x_1}, \frac{0,5}{x_2}, \frac{0,4}{x_3}, \frac{0,3}{x_4}, \frac{0,1}{x_5} \right\},$
- в)  $C = \left\{ \frac{1,6}{x_1}, \frac{1,3}{x_2}, \frac{1,2}{x_3}, \frac{0,9}{x_4}, \frac{0,6}{x_5} \right\},$
- г)  $C = \left\{ \frac{0,4}{x_1}, \frac{0,3}{x_2}, \frac{0,4}{x_3}, \frac{0,3}{x_4}, \frac{0,6}{x_5} \right\}.$

10. Даны два нечетких множества А и В, определенные следующим образом:

$$A = \left\{ \frac{1}{x_1}, \frac{0,5}{x_2}, \frac{0,8}{x_3}, \frac{0,3}{x_4}, \frac{0,7}{x_5} \right\},$$
$$B = \left\{ \frac{0,6}{x_1}, \frac{0,8}{x_2}, \frac{0,4}{x_3}, \frac{0,6}{x_4}, \frac{0,1}{x_5} \right\}.$$

Найти логическое произведение этих множеств С.

$$а) C = \left\{ \frac{1}{x_1}, \frac{0,8}{x_2}, \frac{0,8}{x_3}, \frac{0,6}{x_4}, \frac{0,7}{x_5} \right\},$$

$$а) C = \left\{ \frac{0,6}{x_1}, \frac{0,5}{x_2}, \frac{0,4}{x_3}, \frac{0,3}{x_4}, \frac{0,1}{x_5} \right\},$$

$$в) C = \left\{ \frac{1,6}{x_1}, \frac{1,3}{x_2}, \frac{1,2}{x_3}, \frac{0,9}{x_4}, \frac{0,6}{x_5} \right\},$$

$$г) C = \left\{ \frac{0,4}{x_1}, \frac{0,3}{x_2}, \frac{0,4}{x_3}, \frac{0,3}{x_4}, \frac{0,6}{x_5} \right\}.$$

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Необходимо выбрать ПО для call-центра. Выбор необходимо осуществить из трех ПО:  $a_1, a_2, a_3$ .

Для выбора сформирован следующий набор критериев:  $c_1$  — количество одновременно вызовов;  $c_2$  — количество одновременно выполняемых функций;  $c_3$  — объем ОП;  $c_4$  — сторонняя интеграция;  $c_5$  — контроль очереди в реальном времени.

Кри-терий	Значение критерия		
	a1	a2	a3
$c_1$	300	100	500
$c_2$	20	12	10
$c_3$	40	100	60
$c_4$	Office 365 (только адресная книга), Microsoft Outlook	Office 365, Microsoft Outlook, Google Contacts	Office 365, Microsoft Outlook, Google Contacts, многолинейный ТАРІ
$c_5$	нет	да	да

Решить задачу методом максиминной свертки (критерии имеют различную значимость).

2. Необходимо выбрать ПО для аптеки. Выбор необходимо осуществить из трех ПО:  $a_1, a_2, a_3$ .

Для выбора сформирован следующий набор критериев:  $c_1$  — максимальный объем базы данных;  $c_2$  — время выполнения запроса, мс;  $c_3$  — объем ОП;  $c_4$  — централизованное управление дополнительными справочниками;  $c_5$  — аналитика.

Кри-терий	Значение критерия		
	a1	a2	a3
$c_1$	100000	105000	60000
$c_2$	3	8	5
$c_3$	40	100	60
$c_4$	Рекомендованный товар, товары для замены, курсовой прием, нозология, товар дня, аналоги, авто связки	Товары для замены, нозология, товар дня	Товар дня, аналоги

$c_5$	Реализованная наценка, выручка (по дням, по месяцам), закупки товара по поставщикам, реализация товара, движение товара, анализ потребности, анализ заказов, залежалый товар, истекающие сроки годности, списание товара, статистика продаж – по сотрудникам, средняя стоимость чека – по сотрудникам, статистика продаж – по кассам, выручка - по кассам	Статистика продаж, реализованная наценка, выручка (по дням, по месяцам), закупки товара по поставщикам, реализация товара, движение товара, анализ заказов, залежалый товар, истекающие сроки годности, списание товара, статистика продаж – по сотрудникам, средняя стоимость чека – по сотрудникам, статистика продаж – по кассам, выручка - по кассам	Статистика продаж, реализованная наценка, выручка (по дням, по месяцам), закупки товара по поставщикам, реализация товара, движение товара, списание товара, статистика продаж – по сотрудникам, средняя стоимость чека – по сотрудникам, статистика продаж – по кассам, выручка - по кассам
-------	---	--	--

Решить задачу с использованием метода нечеткого отношений предпочтения.

3. Необходимо выбрать ПО для проведение диспансеризации в поликлиники. Выбор необходимо осуществить из трех ПО:  $a_1, a_2, a_3$ .

Для выбора сформирован следующий набор критериев:  $c_1$  — максимальный объем базы данных;  $c_2$  — цена;  $c_3$  — объем ОП;  $c_4$  — применяемые справочники;  $c_5$  — количество одновременно выполняемых функций.

Критерий	Значение критерия		
	$a_1$	$a_2$	$a_3$
$c_1$	100000	85000	60000
$c_2$	85000	70000	110000
$c_3$	70	40	50
$c_4$	ЛПУ; МКБ-10; врачей; кодов результата диспансеризации	МКБ-10; врачей; вредных производственных факторов; справочник кодов результата диспансеризации	ЛПУ; МКБ-10; врачей; вредных производственных факторов; видов работ; характера заболевания; кодов результата диспансеризации
$c_5$	15	5	10

Решить задачу методом максиминной свертки (критерии имеют различную значимость).

4. Необходимо выбрать ПО для call-центра. Выбор необходимо осуществить из трех ПО:  $a_1, a_2, a_3$ .

Для выбора сформирован следующий набор критериев:  $c_1$  — количество одновременно вызовов;  $c_2$  — количество одновременно выполняемых функций;  $c_3$  — объем ОП;  $c_4$  — сторонняя интеграция;  $c_5$  — контроль очереди в реальном времени.

Критерий	Значение критерия		
	$a_1$	$a_2$	$a_3$
$c_1$	300	100	500
$c_2$	20	12	10
$c_3$	40	100	60
$c_4$	Office 365 (только адресная книга), Microsoft Outlook	Office 365, Microsoft Outlook, Google Contacts	Office 365, Microsoft Outlook, Google Contacts, многолинейный TAPI
$c_5$	нет	да	да

Решение задачи с использованием метода нечеткого отношений предпочтения.

5. Необходимо выбрать ПО для аптеки. Выбор необходимо осуществить

из трех ПО:  $a_1, a_2, a_3$ .

Для выбора сформирован следующий набор критериев:  $c_1$  — максимальный объем базы данных;  $c_2$  — время выполнения запроса, мс;  $c_3$  — Цена, тыс. руб.;  $c_4$  — централизованное управление дополнительными справочниками;  $c_5$  — аналитика.

Кри-терий	Значение критерия		
	a1	a2	a3
$c_1$	100000	105000	60000
$c_2$	3	8	5
$c_3$	40	100	60
$c_4$	Рекомендованный товар, товары для замены, курсовой прием, нозология, товар дня, аналоги, авто связки	Товары для замены, нозология, товар дня	Товар дня, аналоги
$c_5$	Реализованная наценка, выручка (по дням, по месяцам), закупки товара по поставщикам, реализация товара, выручка - по кассам	Статистика продаж, реализованная наценка, выручка (по дням, по месяцам), закупки товара по поставщикам, реализация товара, движение товара, анализ потребности, анализ заказов, залежалый товар, истекающие сроки годности, списание товара, статистика продаж – по сотрудникам, средняя стоимость чека – по сотрудникам, статистика продаж – по кассам, выручка - по кассам	Статистика продаж, реализованная наценка, выручка (по дням, по месяцам), закупки товара по поставщикам, реализация товара, движение товара, списание товара, статистика продаж – по сотрудникам, средняя стоимость чека – по сотрудникам, статистика продаж – по кассам, выручка - по кассам

Решить задачу методом максиминной свертки (критерии имеют различную значимость).

**6.** Необходимо выбрать ПО для проведение диспансеризации в поликлиники. Выбор необходимо осуществить из трех ПО:  $a_1, a_2, a_3$ .

Для выбора сформирован следующий набор критериев:  $c_1$  — максимальный объем базы данных;  $c_2$  — цена;  $c_3$  — объем ОП;  $c_4$  — применяемые справочники;  $c_5$  — количество одновременно выполняемых функций.

Кри-терий	Значение критерия		
	a1	a2	a3
$c_1$	100000	85000	60000
$c_2$	85000	70000	110000
$c_3$	70	40	50
$c_4$	ЛПУ; МКБ-10; врачей; кодов результата диспансеризации	МКБ-10; врачей; вредных производственных факторов; справочник кодов результата диспансеризации	ЛПУ; МКБ-10; врачей; вредных производственных факторов; видов работ; характера заболевания; кодов результата диспансеризации
$c_5$	15	10	8

Решение задачи с использованием метода нечеткого отношений предпочтения.

**7.** Необходимо выбрать ПО для call-центра. Выбор необходимо осуществить из трех ПО:  $a_1, a_2, a_3$ .

Для выбора сформирован следующий набор критериев:  $c_1$  — количество

одновременно вызовов;  $c_2$  — количество одновременно выполняемых функций;  $c_3$  — объем ОП;  $c_4$  — сторонняя интеграция;  $c_5$  — цена.

Критерий	Значение критерия		
	a1	a2	a3
$c_1$	50	100	500
$c_2$	20	12	10
$c_3$	40	100	60
$c_4$	Office 365 (только адресная книга), Microsoft Outlook	Office 365, Microsoft Outlook, Google Contacts	Office 365, Microsoft Outlook, Google Contacts, многолинейный TAPI
$c_5$	90000	150000	200000

Решить задачу методом максиминной свертки (критерии имеют разную значимость).

**8.** Необходимо выбрать ПО для аптеки. Выбор необходимо осуществить из трех ПО:  $a_1, a_2, a_3$ .

Для выбора сформирован следующий набор критериев:  $c_1$  — максимальный объем базы данных;  $c_2$  — время выполнения запроса, мс;  $c_3$  — цена, тыс. руб.;  $c_4$  — централизованное управление дополнительными справочниками;  $c_5$  — Аналитика.

Критерий	Значение критерия		
	a1	a2	a3
$c_1$	100000	105000	60000
$c_2$	3	8	5
$c_3$	40	100	60
$c_4$	Рекомендованный товар, товары для замены, курсовой прием, нозология, товар дня, аналоги, авто связи	Товары для замены, нозология, товар дня	Товар дня, аналоги
$c_5$	Реализованная наценка, выручка (по дням, по месяцам), закупки товара по поставщикам, реализация товара, выручка - по кассам	Статистика продаж, реализованная наценка, выручка (по дням, по месяцам), закупки товара по поставщикам, реализация товара, движение товара, анализ потребности, анализ заказов, залежалый товар, истекающие сроки годности, списание товара, статистика продаж - по сотрудникам, средняя стоимость чека - по сотрудникам, статистика продаж - по кассам, выручка - по кассам	Статистика продаж, реализованная наценка, выручка (по дням, по месяцам), закупки товара по поставщикам, реализация товара, движение товара, списание товара, статистика продаж - по сотрудникам, средняя стоимость чека - по сотрудникам, статистика продаж - по кассам, выручка - по кассам

Решить задачу с использованием метода нечеткого отношений предпочтения.

**9.** Необходимо выбрать ПО для call-центра. Выбор необходимо осуществить из трех ПО:  $a_1, a_2, a_3$ .

Для выбора сформирован следующий набор критериев:  $c_1$  — количество одновременно вызовов;  $c_2$  — количество одновременно выполняемых функций;  $c_3$  — объем ОП;  $c_4$  — сторонняя интеграция;  $c_5$  — цена.

Решить задачу методом максиминной свертки (критерии имеют оди-



наковую значимость).

Кри- терий	Значение критерия		
	a1	a2	a3
$c_1$	30	100	500
$c_2$	20	12	10
$c_3$	40	100	60
$c_4$	Office 365 (только адресная книга), Microsoft Outlook	Office 365, Microsoft Outlook, Google Contacts	Office 365, Microsoft Outlook, Google Contacts, многолинейный TAPI
$c_5$	100000	150000	200000

**10.** Необходимо выбрать ПО для call-центра. Выбор необходимо осуществить из трех ПО:  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ .

Для выбора сформирован следующий набор критериев:  $c_1$  — количество одновременно вызовов;  $c_2$  — количество одновременно выполняемых функций;  $c_3$  — цена, тыс. руб.;  $c_4$  — сторонняя интеграция;  $c_5$  — контроль очереди в реальном времени.

Крите- рий	Значение критерия		
	a1	a2	a3
$c_1$	300	100	500
$c_2$	20	12	10
$c_3$	40	100	60
$c_4$	Office 365 (только адресная книга), Microsoft Outlook	Office 365, Microsoft Outlook, Google Contacts	Office 365, Microsoft Outlook, Google Contacts, многолинейный TAPI
$c_5$	нет	да	да

Решить задачу методом максиминной свертки (критерии имеют одинаковую значимость).

#### 7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

#### 7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Системы массового обслуживания, их классы и основные характеристики.

2. Марковские случайные процессы. Марковский процесс с дискретными состояниями и непрерывным временем.

3. СМО с отказами.

4. СМО с ожиданием (одноканальная, многоканальная).

5. Область применения и классификация имитационных моделей.

6. Принципы имитационного моделирования.

7. Описание поведения системы. Моделирование случайных факторов.

Управление модельным временем.

8. Моделирование параллельных процессов. Виды параллельных процессов в сложных системах.

9. Методы описания параллельных процессов в системах и языках моделирования.

10. Стратегическое планирование имитационного эксперимента.
11. Обработка и анализ результатов моделирования. Оценка качества имитационной модели.
12. Аппарат нечетких множеств и нечеткой логики.
13. Основные характеристики нечетких множеств.
14. Операции над нечеткими множествами.
15. Нечеткие отношения.
16. Нечеткие логические выводы.
17. Методы принятия решение на основе теории нечетких множеств.

### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов, 2 стандартные задачи и 1 прикладной задачи. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, стандартные задачи оцениваются в 2 баллов (2 баллов верное решение и 2 баллов за верный ответ), прикладная задача оценивается в 8 баллов. Максимальное количество набранных баллов – 22.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 15 баллов.
2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 15 до 17 баллов
3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 18 до 19 баллов.
4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 20 до 22 баллов.

### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Системы массового обслуживания и случайные процессы.	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4	Тест, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовой работе, экзамен
2	Технологии имитационного моделирования.	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4	Тест, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовой работе, экзамен
3	Основные понятия нечеткой логики.	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4	Тест, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовой работе, экзамен
4	Принятие решение на основе теории нечетких множеств.	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4	Тест, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовой работе, экзамен

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

№ п/п	Авторы, составители.	Заглавие	Вид и год издания
1	Новикова Е.И., Родионов О.В., Коровин Е.Н.	Моделирование биомедицинских систем: учеб. пособие	Печ. 2008
2	Советов Б.Я., Яковлев С.А.	Моделирование систем. Учебник	Печ. 2005
3	Колесов Ю.Б., Сениченков Ю.Б.	Практикум по компьютерному моделированию: Учеб. пособие	Печ. 2007
4	Советов Б.Я., Яковлев С.А.	Моделирование систем: Практикум	Печ. 2005
5	Трусов В.П.	Введение в математическое моделирование: Учеб. пособие	Печ. 2007

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информа-**

ционно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Microsoft Office, Deductor Studio Lite 5.0.

Электронная информационная образовательная среда ВГТУ, код доступа: <https://old.education.cchgeu.ru/>

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Для проведения лабораторных занятий необходим компьютерный класс, оснащенный персональными компьютерами с установленными на них программным обеспечением Microsoft Office, Deductor Studio Lite 5.0.

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Математическое моделирование биологических процессов и систем» читаются лекции, проводятся лабораторные работы, выполняется курсовая работа.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы. Освоение дисциплины оценивается на экзамене.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие

Вид учебных занятий	Деятельность студента
	письменные задания.
Самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul>
Подготовка к промежуточной аттестации	<p>Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.</p>