

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова
Российской академии наук
(ИМАШ РАН)**

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора по вопросам
подготовки кадров высшей
квалификации ИМАШ РАН
« 01 » _____ 2026 года
к.ф.-м.н. Жданов Э.Р.
М.П. _____



**Комплект оценочных материалов
по дисциплине «Математическое и имитационное моделирование»**

Направление подготовки:	02.04.03 Математическое обеспечение и администрирование информационных систем
Профиль подготовки:	Искусственный интеллект и интеллектуальная обработка данных
Квалификация:	Магистр
Форма обучения	Очная

Содержание

1. Общие положения.....	3
2. Результаты освоения дисциплины, подлежащие проверке.....	3
3. Контроль и оценка освоения учебной дисциплины.....	4
4. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.....	4
5. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации.....	6

1. Общие положения

Комплект оценочных материалов (далее - ОМ) предназначен для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу дисциплины «Математическое и имитационное моделирование».

ОМ включают контрольные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации в форме зачета.

ОМ разработаны на основании:

- основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 02.04.03 Математическое обеспечение и администрирование информационных систем;
- рабочей программы дисциплины «Математическое и имитационное моделирование».

2. Результаты освоения дисциплины, подлежащие проверке

В результате освоения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями

ПК-2	Управление работами системных аналитиков
ПК-2.1	Разработка методик выполнения работ подчиненными системными аналитиками на всем жизненном цикле
ПК-2.2	Контроль и координация работ, выполняемых подчиненными системными аналитиками

Код индикатора компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-2.1	Знать: - принципы формализации предметной области при исследовании больших данных; - классификацию методов имитационного моделирования и их применимость для анализа неструктурированных и слабоструктурированных данных; - основы технологии распределенных вычислений для проведения крупномасштабных имитационных экспериментов над большими массивами данных. Уметь: - выбирать и обосновывать тип модели (детерминированная, стохастическая, агентная) для решения конкретной исследовательской задачи; - разрабатывать алгоритмы имитационного моделирования для проверки гипотез, выдвинутых в ходе анализа данных; - интегрировать разработанные модели в существующие пайплайны обработки данных. Иметь практический опыт: - разработки и апробации прототипа имитационной модели для решения прикладной задачи анализа больших данных (например, прогнозирование спроса, анализ трафика); - проведения серий вычислительных экспериментов для верификации и валидации модели на реальных или синтетических наборах данных.
ПК-2.2	Знать: - стандарты и методики управления проектами в сфере моделирования; - критерии оценки качества и адекватности создаваемых подчиненными сотрудниками математических и имитационных моделей; - основные метрики эффективности имитационных экспериментов. Уметь: - ставить задачу системным аналитикам по разработке компонентов сложной имитационной модели;

	- контролировать этапы жизненного цикла проекта моделирования: от постановки задачи до интерпретации результатов; - анализировать отчеты о проведенных экспериментах и принимать решения о необходимости доработки модели. Иметь практический опыт: - организации работы малой группы по созданию комплексного имитационного стенда для поддержки принятия управленческих решений; - координации действий команды при проведении масштабного эксперимента и сборе статистически значимых данных.
--	---

3. Контроль и оценка освоения учебной дисциплины

Элемент учебной дисциплины	Текущий контроль		Промежуточная аттестация	
	Форма контроля	Проверяемые идк	Форма контроля	Проверяемые идк
Тема 1. Введение в математическое и имитационное моделирование	Отчет по лабораторному практикуму	ПК-2.1 ПК-2.2		
Тема 2. Методы генерации случайных чисел и событий	Отчет по лабораторному практикуму	ПК-2.1		
Тема 3. Дискретно-событийное моделирование (ДСМ) и системная динамика	Отчет по лабораторному практикуму	ПК-2.1 ПК-2.2		
Тема 4. Агентное моделирование и применение моделей в анализе больших данных	Отчет по лабораторному практикуму	ПК-2.1 ПК-2.2		
			Зачет	ПК-2.1 ПК-2.2

4. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости

Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Лабораторный практикум
25-21 – работа выполнена в срок, самостоятельно, правильно поняты и использованы соответствующие формулы, правильно определены соответствующие спецификации, использована требуемая информация, правильно выполнены требуемые расчеты, правильно выбраны совместимые комплектующие, сделаны необходимые выводы, хорошо аргументированы, даны исчерпывающие ответы на все поставленные вопросы; 20-15 – работа выполнена в срок, самостоятельно, правильно поняты и использованы соответствующие формулы, правильно определены соответствующие спецификации, использована требуемая информация, правильно выполнены требуемые расчеты, правильно выбраны совместимые комплектующие, необходимые выводы сделаны частично, хорошо аргументированы, даны ответы на все поставленные вопросы; 14-9 – работа выполнена в срок, в основном самостоятельно, использованы соответствующие формулы; определены соответствующие спецификации, имеются ошибки в расчетах; выбраны совместимые комплектующие необходимые, выводы сделаны частично, слабо аргументированы, даны ответы не на все вопросы; 8-1 – обучающийся подготовил работу самостоятельно или не завершил в срок, описание спецификации содержит незначительные ошибки, выводы и ответы на вопросы отсутствуют.

Порядок начисления баллов

Если студент набрал достаточное количество баллов ТКУ по дисциплине (более 70 баллов) в течение семестра, он может отказаться от сдачи зачета, и результат будет выставлен автоматически по его согласию.

Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для процедуры оценивания знаний, умений, навыков и(или) опыта деятельности

Тема 1. Введение в математическое и имитационное моделирование

Задание 1. Решение задачи на вычисление вероятностей:

В цеху работают три станка. Вероятности их бесперебойной работы в течение смены составляют $p_1=0.9$, $p_2=0.85$, $p_3=0.8$. Найти вероятность того, что:

- а) все три станка проработают смену без сбоев;
- б) произойдет сбой ровно на одном станке;
- в) произойдет хотя бы один сбой.

Реализовать решение аналитически и проверить результат с помощью простой имитационной модели (например, методом Монте-Карло с 100 000 испытаний).

Задание 2. Разработка блок-схемы детерминированного процесса:

Разработать детальную блок-схему алгоритма работы автоматической стиральной машины. Процесс должен включать этапы: старт -> проверка закрытия дверцы -> набор воды -> нагрев -> стирка (с таймером) -> слив воды -> отжим -> окончание программы. Учесть ветвления (например, если дверца не закрыта). Лабораторная работа №2. Методы генерации случайных чисел и метод Монте-Карло

Тема 2. Методы генерации случайных чисел и событий.

Задание 1. Программная реализация генератора и оценка числа π :

Реализовать на языке программирования (Python, C++, Java) линейный конгруэнтный генератор (ЛКГ) псевдослучайных чисел.

Использовать его для оценки значения числа π методом Монте-Карло:

1. Генерировать пары случайных чисел (x, y) в диапазоне $[0, 1]$.
2. Считать количество точек N_{in} , попавших внутрь четверти единичного круга $(x^2 + y^2 \leq 1)$.
3. Оценить π по формуле $\pi \approx 4 \cdot \frac{N_{in}}{N_{total}}$.

Исследовать, как точность оценки зависит от количества испытаний N_{total} .

Задание 2. Оценка определенного интеграла:

Оценить значение интеграла $I = \int_0^1 e^{-x^2} dx$ методом Монте-Карло.

Сравнить полученный результат с точным значением (или табличным) и вычислить абсолютную и относительную погрешности. Лабораторная работа №3. Дискретно-событийное моделирование (ДСМ)

Тема 3. Дискретно-событийное моделирование (ДСМ) и системная динамика

Задание 1. Модель массового обслуживания (Колл-центр):

Создать имитационную модель работы колл-центра в среде AnyLogic или SimPy.

Параметры системы:

Входящий поток вызовов подчиняется пуассоновскому закону с интенсивностью $\lambda=10$ вызовов в минуту.

Длительность обслуживания вызова распределена экспоненциально со средним значением $\mu=5$ минут.

Количество операторов (каналов обслуживания) — 5.

Задача:

Запустить модель и собрать статистику за 8-часовой рабочий день:

Среднее время ожидания клиента в очереди.

Среднее время пребывания в системе.

Доля потерянных вызовов (если очередь ограничена, например, 10 вызовов).

Проанализировать, как изменится производительность при увеличении числа операторов до 7.

Тема 4. Агентное моделирование и применение моделей в анализе больших данных
Задание 1. Модель распространения информации (вирусный маркетинг):

Разработать агентную модель взаимодействия пользователей в социальной сети.

Агенты: Пользователи сети, каждый из которых может находиться в одном из трех состояний: «Скептик» (не знает), «Сторонник» (знает и распространяет), «Нейтрален» (знает, но не распространяет).

Правила взаимодействия:

При встрече «Сторонника» со «Скептиком» с вероятностью P_{conv} скептик становится «Сторонником».

«Сторонник» может со временем стать «Нейтралом» с вероятностью P_{fatigue} .

Провести серию экспериментов для анализа влияния параметров P_{conv} и P_{fatigue} на динамику распространения информации.

Построить графики зависимости доли «Сторонников» от времени для разных значений параметров.

Задание 2. Анализ чувствительности модели:

Для модели из Задания Колл-центр провести анализ чувствительности выходных показателей к изменению входных параметров.

Например, как изменится среднее время ожидания, если интенсивность входящего потока λ увеличится на 20%? Представить результаты в виде таблиц и графиков («Что-если» анализ).

5. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета.

Зачет представляет собой выполнение обучающимся заданий билета, включающего в себя:

Задание №1 – теоретический вопрос на знание базовых понятий предметной области дисциплины, а также позволяющий оценить степень владения обучающегося принципами предметной области дисциплины, понимание их особенностей и взаимосвязи между ними.

Задание №2 – задание на анализ ситуации из предметной области дисциплины и выявление способности обучающегося выбирать и применять соответствующие принципы и методы решения практических проблем, близких к профессиональной деятельности.

Задания №3 – задания на проверку умений и навыков, полученных в результате освоения дисциплины.

Выполнение обучающимся заданий билета оценивается по следующей балльной шкале:

Задание 1: 0-30 баллов

Задание 2: 0-30 баллов

Задание 3: 0-40 баллов

«Зачтено»

– 90-100 – ответ правильный, логически выстроен, использована профессиональная терминология. Задания решены правильно. Обучающийся правильно интерпретирует полученный результат.

– 70 -89 – ответ в целом правильный, логически выстроен, использована профессиональная терминология. Ход решения заданий правильный, ответ неверный. Обучающийся в целом правильно интерпретирует полученный результат.

– 50 - 69 – ответ в основном правильный, логически выстроен, использована профессиональная терминология. Задание решено частично.

«Не зачтено»

– менее 50 – ответы на теоретическую часть неправильные или неполные. Задания не решены.

Типовые задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Задания 1 типа

1. Предмет и задачи моделирования. Определение модели. Роль моделирования в науке и инженерии.
2. Классификация моделей. Детерминированные и стохастические, статические и динамические, дискретные и непрерывные модели.
3. Этапы построения математической модели. От постановки задачи до анализа адекватности и интерпретации результатов.
4. Случайное событие. Классическое, статистическое и геометрическое определение вероятности.
5. Теоремы сложения и умножения вероятностей. Условная вероятность. Формула полной вероятности и формула Байеса.
6. Случайные величины (СВ). Дискретные и непрерывные СВ. Закон распределения, функция распределения, плотность вероятности.
7. Числовые характеристики случайных величин. Математическое ожидание, дисперсия, среднее квадратическое отклонение и их свойства.
8. Основные законы распределения СВ, используемые в моделировании: равномерное, нормальное (Гаусса), экспоненциальное, пуассоновское.
9. Понятие о центральной предельной теореме и законе больших чисел. Их значение для имитационного моделирования.
10. Метод статистических испытаний (Монте-Карло). Суть метода, его достоинства и недостатки.
11. Псевдослучайные числа (ПСЧ). Понятие детерминированного алгоритма генерации. Линейный конгруэнтный метод (ЛКГ).
12. Критерии качества генераторов ПСЧ: периодичность, равномерность распределения, статистическая независимость.
13. Моделирование дискретных случайных величин. Метод обратных функций.
14. Моделирование непрерывных случайных величин. Метод обратных функций на примере экспоненциального распределения.
15. Оценка погрешности метода Монте-Карло. Доверительный интервал, зависимость погрешности от числа испытаний.
16. Применение метода Монте-Карло для вычисления определенных интегралов и оценки числа π .
17. Концепция дискретно-событийного моделирования. Основные элементы: сущности, ресурсы, очереди, события.
18. Модель массового обслуживания (СМО). Структура СМО: поток заявок, каналы обслуживания, очередь.
19. Языки и среды имитационного моделирования. Сравнительная характеристика систем AnyLogic (визуальный подход) и SimPy (библиотека для Python).
20. Агентное моделирование. Принципы агент-ориентированного подхода, автономия агентов и их взаимодействие в среде.

Задания 2 типа

1. Инженерно-техническая система состоит из 1000 однотипных элементов. Вероятность отказа одного элемента в течение года составляет 0.001. Система считается отказавшей, если выходит из строя более 2 элементов. Какой подход (аналитический или имитационный) вы выберете для оценки вероятности отказа системы? Обоснуйте выбор и опишите шаги решения.
2. Магазин продает йогурты. Спрос на них — случайная величина, распределенная

по закону Пуассона со средним значением 50 шт. в день. Срок годности — 1 день. Не проданный товар списывается. Какую модель вы постройте для определения оптимального объема закупки, минимизирующего суммарные издержки (упущенная выгода + списание)? Какие параметры модели необходимо оценить?

3. Инвестор рассматривает проект с прогнозируемой доходностью, которая является случайной величиной с нормальным распределением (среднее 15%, стандартное отклонение 5%). Пороговое значение доходности для инвестора — 10%. Как с помощью моделирования оценить вероятность того, что проект будет принят инвестором? Опишите алгоритм.

4. Необходимо оценить среднее время ожидания клиента на линии в небольшом колл-центре (2 оператора) при входящем потоке звонков. Достаточно ли здесь аналитической модели (например, формул теории массового обслуживания) или стоит сразу переходить к имитационному моделированию? Обоснуйте ответ.

5. Требуется вычислить площадь фигуры с очень сложной, нерегулярной границей. Предложите метод решения этой задачи с помощью моделирования. Как вы будете оценивать точность полученного результата?

6. Время доставки груза из пункта А в пункт Б складывается из времени на погрузку, транспортировку и разгрузку. Каждое из этих времен — случайная величина. Как смоделировать общее время доставки, чтобы оценить вероятность нарушения срока (например, доставки более чем за 48 часов)?

7. На складе товары прибывают на приемку, затем перемещаются в зону хранения, после чего комплектуются для отгрузки. Узким местом является зона приемки. Опишите, как вы постройте дискретно-событийную модель этого процесса для анализа узких мест и оценки эффекта от найма дополнительного сотрудника на приемку.

8. В банке есть одна общая очередь и три операциониста. Клиенты приходят неравномерно. Постройте концептуальную модель этой системы. Какие показатели эффективности (KPI) вы будете измерять в ходе эксперимента?

9. Детали поступают на обработку на станок. Время обработки — случайная величина. После обработки 80% деталей идут на склад, а 20% — на повторную обработку из-за брака. Как смоделировать этот процесс? Какие события будут ключевыми в вашей модели?

10. Самолеты прибывают в аэропорт для посадки. Если взлетно-посадочная полоса (ВПП) занята, самолет ожидает в зоне ожидания. Разработайте модель работы ВПП. Как изменится модель, если учесть, что для посадки и взлета используется одна и та же ВПП?

11. На предприятии работает 500 человек. Болезнь передается при контакте. Вероятность передачи и длительность болезни известны. Какой тип моделирования (ДСМ или агентное) лучше подходит для этой задачи? Обоснуйте выбор и опишите основные элементы модели.

12. Необходимо проанализировать образование пробок на перекрестке при отключении одного из светофоров. Почему для этой задачи наиболее подходящим является агентное моделирование? Опишите поведение агентов (автомобилей) и их взаимодействие со средой.

13. На рынок выходит новый бренд смартфонов. Решение потребителя о покупке зависит не только от рекламы, но и от отзывов друзей и мнения "лидеров мнений" в соцсетях. Постройте агентную модель распространения информации о продукте и принятия решения о покупке.

14. В замкнутой экосистеме обитают популяции зайцев и волков. Опишите правила поведения агентов-зайцев и агентов-волков. Как смоделировать их взаимодействие и изменение численности популяций со временем?

15. Необходимо смоделировать процесс эвакуации людей из большого здания при пожаре. Какие факторы поведения агентов (людей) необходимо учесть в модели? Как смоделировать панику и образование заторов у выходов?

16. Компания запускает вирусную рекламную кампанию. Скорость распространения

информации зависит от числа "инфицированных" (узнавших) и "восприимчивых" (не знающих). Почему здесь лучше использовать модель системной динамики, а не агентное моделирование? Нарисуйте и опишите основные петли обратной связи модели.

17. В замкнутой экосистеме обитают популяции зайцев и волков. Постройте модель системной динамики для этой экосистемы. Опишите, как будут меняться переменные (популяции) во времени и почему возникают колебания.

18. Уровень запасов на складе зависит от скорости продаж и скорости пополнения от поставщика с задержкой во времени. Постройте модель системной динамики для управления запасами. Как задержки в поставках влияют на стабильность системы?

19. В кофейне есть касса, зона выдачи заказов и барная стойка с двумя бариста. Подзадача А: Клиенты делают заказ у кассы, а затем ждут у стойки. Подзадача Б: Клиенты часто меняют свое решение о заказе после оплаты, что требует отмены операции на кассе. Какой тип моделирования вы выберете для анализа общей пропускной способности кофейни?

Как вы смоделируете поведение клиента, который может передумать? Это будет детерминированный или стохастический процесс?

20. Цепь поставок включает завод-производитель, центральный склад и сеть розничных магазинов. Задержки на каждом этапе суммируются, вызывая эффект "хлыста" (небольшие колебания спроса в рознице приводят к огромным колебаниям заказов на заводе). Какой подход к моделированию позволит проанализировать всю цепь целиком и выявить причины возникновения эффекта "хлыста"? Опишите структуру такой модели.

Задания 3 типа

Задание 1. Дайте определения детерминированной и стохастической модели. Приведите по одному короткому примеру каждой из них (например, падение тела без учёта сопротивления воздуха — ...; прогноз погоды — ...).

Задание 2. События А и В являются независимыми. Вероятность события А $P(A) = 0.6$, а вероятность события В $P(B) = 0.4$. Вычислите вероятность того, что произойдут оба события одновременно.

Задание 3. Нарисуйте блок-схему алгоритма работы турникета в метро. Процесс: пассажир прикладывает карту -> система проверяет баланс -> если баланс достаточен, створки открываются, иначе — нет. Используйте стандартные блоки «Начало», «Процесс», «Решение» и «Конец».

Задание 4. Объясните основную идею метода Монте-Карло для оценки площади сложной фигуры, контур которой неизвестен. Опишите шаги одним-двумя предложениями.

Задание 5. Напишите псевдокод или фрагмент кода на любом языке программирования для генерации одного случайного целого числа N в диапазоне от 1 до 100 включительно.

Задание 6. При использовании метода Монте-Карло для вычисления интеграла была получена оценка значения 5.2 со стандартной ошибкой (погрешностью) 0.1. Запишите результат в стандартном научном виде с указанием доверительного интервала.

Задание 7. Перечислите три базовых элемента любой дискретно-событийной модели массового обслуживания (например, модель банка) и дайте каждому из них определение в одно предложение.

Задание 8. На склад каждые 10 минут прибывает одна машина с товаром. Время разгрузки одной машины составляет от 5 до 15 минут. Определите, какой ресурс в этой системе является «узким местом» (bottleneck) и почему?

Задание 9. Что такое агент в имитационном моделировании? Назовите два его ключевых компонента: внутреннее состояние и правило поведения. Приведите пример состояния и правила для агента-пешехода в модели городской толпы.

Задание 10. Опишите цель проведения серии экспериментов (parameter sweep) с имитационной моделью. Как изменение одного параметра, например скорости распространения вируса, влияет на анализ всей системы? Ответьте в 2–3 предложениях.