

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Андрей Драгомирович Хлутков  
Должность: директор  
Дата подписания: 15.03.2024 20:28:29  
Уникальный программный ключ:  
880f7c07c583b07b775f6604a630281b15ca7d2

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЛУЖБЫ  
ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»**

**Северо-Западный институт управления – филиал РАНХиГС**

---

Кафедра бизнес-информатики  
*(наименование кафедры)*

УТВЕРЖДЕНА  
решением методической комиссии по  
направлениям 38.03.05 «Бизнес-  
информатика», 09.06.01 «Информати-  
ка и вычислительная техника» Северо-  
Западный институт управления – фи-  
лиал РАНХиГС  
Протокол от «10» июня 2021г. №2

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ДВ.02.01 Моделирование случайных процессов**  
*(индекс, наименование дисциплины, в соответствии с учебным планом)*  
**Часть, формируемая участниками отношений**

**38.03.05 Бизнес-информатика**  
*(код, наименование направления подготовки)*

**«Бизнес-аналитика»**  
*(профиль)*

**бакалавр**  
*(квалификация)*

**очная**  
*(форма обучения)*

Год набора – 2021

Санкт-Петербург, 2021г.

**Автор–составитель:**

Кандидат экономических наук, доцент кафедры бизнес-информатики Колодко Дмитрий Владимирович.

**Директор образовательной программы «Бизнес-информатика»**

к.т.н, доцент                      Борисова Елена Юрьевна

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....                               | 4  |
| 2. Объем и место дисциплины в структуре образовательной программы.....   | 4  |
| 3. Содержание и структура дисциплины .....   | 5  |
| 4. Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся и фонд оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине.....   | 7  |
| 4.1. Формы и методы текущего контроля успеваемости обучающихся и промежуточной аттестации.....   | 7  |
| 4.2. Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся.....   | 8  |
| 4.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации.....  | 17 |
| 4.4. Методические материалы.....   | 24 |
| 5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....   | 24 |
| 6. Учебная литература и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине ..... | 26 |
| 6.1. Основная литература.....  | 26 |
| 6.2. Дополнительная литература.....  | 26 |
| 6.3. Нормативные правовые документы.....   | 26 |
| 6.4. Интернет-ресурсы.....   | 26 |
| 6.5. Иные источники.....   | 26 |
| 7. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы .....  | 26 |

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения программы

1.1. Дисциплина Б1.В.ДВ.02.01 «Моделирование случайных процессов» обеспечивает овладение следующими компетенциями с учетом этапа:

Таблица 1.1

| Код компетенции | Наименование компетенции   | Код компонента компетенции | Наименование компонента компетенции  |
|-----------------|--|----------------------------|--|
| ПКС-3           | Способен обосновывать решения на основе оценки и анализа целевых показателей, построения и применения алгоритмических моделей. | ПКС-3.1                    | Применяет системный подход, методы теории принятия решений, методы оптимизации при обосновании решения |

В результате освоения дисциплины у студентов должны быть сформированы:

Таблица 1.2

| ОТФ/ТФ (при наличии профстандарта)/ профессиональные действия | Код компонента компетенции | Результаты обучения   |
|---|----------------------------|---|
| Анализ, обоснование и выбор решения                           | ПКС-3.1                    | <b>на уровне знаний:</b><br>- знать основные теоремы теории случайных процессов;<br>- знать основные модели теории массового обслуживания.                            |
|   |                            | <b>на уровне умений:</b><br>- уметь строить математические модели случайных процессов;<br>- уметь рассчитывать основные характеристики систем массового обслуживания; |
|   |                            | <b>на уровне навыков:</b><br>- владеть навыками сбора и анализа информации о случайных процессах;<br>- владеть навыками моделирования систем массового обслуживания;  |

## 2. Объем и место дисциплины в структуре ОП ВО

### Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы /108 академ. часов.

Дисциплина реализуется частично с применением дистанционных образовательных технологий (далее – ДОТ).

Доступ к системе дистанционных образовательных технологий осуществляется каждым обучающимся самостоятельно с любого устройства на портале: <https://lms.ranepa.ru/>. Пароль и логин к личному кабинету / профилю предоставляется студенту в деканате.

Таблица 2

| Вид работы                                | Трудоемкость в акад. часах<br>ауд./ЭО, ДОТ | Трудоемкость в астрон. часах<br>ауд./ЭО, ДОТ |
|---|--|--|
| <b>Общая трудоемкость</b>                 | <b>108</b>                                 | <b>81</b>                                    |
| <b>Контактная работа с преподавателем</b> | <b>60</b>                                  | <b>45</b>                                    |
| Лекции                                    | 20   | 15   |
| Практические занятия                      | 38   | 28,5   |
| Консультации                              | 2  | 1,5  |

|                                       |                        |           |
|---------------------------------------|------------------------|-----------|
| <b>Самостоятельная работа</b>         | <b>48</b>              | <b>36</b> |
| Контроль                              | 36                     | 27        |
| Формы текущего контроля               |                        |           |
| <b>Форма промежуточной аттестации</b> | <i>Зачет с оценкой</i> |           |

### Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина изучается в 5-м семестре 3-го курса.

Дисциплина Б1.В.ДВ.02.01 «Моделирование случайных процессов» относится к части, формируемой участниками образовательного процесса, учебного плана по направлению «Бизнес-информатика» 38.03.05. Преподавание дисциплины «Моделирование случайных процессов» опирается на дисциплины: Б1.О.08.02 «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», Б1.О.08.05 «Теория вероятностей и математическая статистика», Б1.О.08.04. «Дифференциальные и разностные уравнения».

В свою очередь она создаёт необходимые предпосылки для освоения программ таких дисциплин, как Б1.В.ДВ.03.01 «Методы прогнозирования», Б1.В.ДВ.03.02 «Прогнозирование временных рядов», Б1.В.12 «Имитационное моделирование» и ряда других дисциплин.

Объем ЭК (в составе дисциплины): количество академических часов, выделенных на самостоятельную работу обучающихся: всего по ЭК – 48 а.ч., из них: 48 – количество академических часов, выделенных на практикоориентированные задания и текущий контроль успеваемости: всего по ЭК – 48 а.ч. Количество академических часов, выделенных на самостоятельную работу обучающихся в рамках ЭК – 40 а.ч., количество академических часов, выделенных на практическую подготовку в рамках ЭК – 8 а.ч.

Дисциплина закладывает теоретический и методологический фундамент для овладения умениям и навыками в ходе Б2.В.01(П) Научно-исследовательская работа и Б2.В.03 (Пд) Преддипломная практика.

Знания, умения и навыки, полученные при изучении дисциплины, используются студентами при выполнении выпускных квалификационных работ.

### 3. Содержание и структура дисциплины

Таблица 3

| № п/п                     | Наименование тем                           | Объем дисциплины, час. |   |         |       |         |       | Форма текущего контроля успеваемости и, промежуточной аттестации |
|---------------------------|--|------------------------|---|---------|-------|---------|-------|--|
|                           |  | Всего                  | Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий |         |       | СР (ЭК) |       |  |
|                           |  |                        | Л   | ПЗ      | КСР   | СРО     | СП    |  |
| Тема 1                    | Основы теории случайных процессов.         | 12                     | 4   | 6       |       | 8 (8)   |       | Т  |
| Тема 2                    | Марковские процессы с дискретным временем  | 10                     | 4   | 8       |       | 8 (8)   | 2 (2) | К  |
| Тема 3                    | Марковские процессы с непрерывным временем | 16                     | 4   | 8       |       | 8 (8)   | 2 (2) | К  |
| Тема 4.                   | Системы массового обслуживания             | 12                     | 4   | 8       |       | 8 (8)   | 2 (2) | Т, К   |
| Тема 5                    | Метод динамики средних                     | 8                      | 4   | 8       |       | 8 (8)   | 2 (2) | К  |
| Контроль                  |  |                        |   |         |       |         |       |  |
| Промежуточная аттестация  |  |                        |   |         | 2*    |         |       | Зачет с оценкой  |
| Всего (акад./астр. часы): |  | 108/81                 | 20/15   | 38/28,5 | 2/1,5 | 40(40)  | 8(8)  |  |

*Примечание:*

2\* - консультация, не входящая в общий объем дисциплины

Используемые сокращения:

Л – занятия лекционного типа (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками организации и (или) лицами, привлекаемыми организацией к реализации образовательных программ на иных условиях, обучающимся);

ПЗ – практические занятия (виды занятия семинарского типа за исключением лабораторных работ);

КСР – индивидуальная работа обучающихся с педагогическими работниками организации и (или) лицами, привлекаемыми организацией к реализации образовательных программ на иных условиях (в том числе индивидуальные консультации);

СР – самостоятельная работа, осуществляемая без участия педагогических работников организации и (или) лиц, привлекаемых организацией к реализации образовательных программ на иных условиях;

СП – самопроверка;

СРО – самостоятельная работа обучающегося

контрольные работы (К), опрос (О), тестирование (Т)

## Содержание дисциплины

### Тема 1. Основы теории случайных процессов.

Основные определения теории вероятностей. Одномерная случайная величина. Закон распределения случайной величины. Распределение Пуассона. Экспоненциальный закон распределения. Вероятностные характеристики одномерных случайных величин. Математическое ожидание и дисперсия случайной величины, их основные свойства. Многомерные случайные величины и их характеристики. Ковариация и коэффициент корреляции. Случайный процесс. Сечение случайного процесса. Реализация случайного процесса. Классификация случайных процессов. Законы распределения и характеристики случайных процессов. Гауссовский белый шум. Процесс случайного блуждания. Процессы авторегрессии и скользящего среднего ARMA(p, q). Стационарные случайные процессы.

### Тема 2. Марковские процессы с дискретным временем.

Случайные процессы с дискретными состояниями и дискретным временем. Марковские случайные процессы и марковские цепи. Граф состояний системы. Классификация состояний системы. Эргодические системы. Матрица переходных вероятностей. Однородные и неоднородные марковские цепи. Вероятности состояний системы. Предельные вероятности системы. Достаточное условие существования предельных вероятностей. Поглощающие марковские цепи. Фундаментальная матрица поглощающей марковской цепи. Среднее число шагов до поглощения и среднее время до поглощения. Вероятности поглощения.

### Тема 3. Марковские процессы с непрерывным временем.

Случайные процессы с дискретными состояниями и непрерывным временем. Поток событий. Простейший поток событий и его свойства: отсутствие последствия, ординарность, стационарность. Интенсивность потока событий. Число событий в простейшем потоке за промежуток времени. Время между двумя событиями простейшего потока. Дискретный марковский процесс с непрерывным временем. Граф состояний системы. Система линейных дифференциальных уравнений Колмогорова. Решение задачи Коши для систем линейных дифференциальных уравнений. Основы операционного исчисления. Решение системы дифференциальных уравнений операционным методом. Предельные вероятности состояний. Достаточное условие существования предельных вероятностей. Система линейных алгебраических уравнений Колмогорова. Процессы гибели и размножения. Нестационарный пуассоновский поток событий. Поток Пальма.

Поток Эрланга и его характеристики. Метод псевдосостояний.

#### **Тема 4. Системы массового обслуживания.**

Системы массового обслуживания, их основные элементы и классификация. Многоканальная СМО с отказами. Уравнения Эрланга, формулы Эрланга. Характеристики СМО с отказами. Среднее число заявок в обслуживании, среднее время пребывания заявки в системе, формула Литтла. Многоканальная СМО с ограничением на длину очереди и ее характеристики. Многоканальная СМО с ожиданием и ее характеристики. Многоканальная СМО с ограничением на время ожидания и ее характеристики. Многоканальная СМО со взаимопомощью между каналами. Типы взаимопомощи между каналами. Сети массового обслуживания. Граф передач сети и матрица передач. Открытые и замкнутые сети. Динамическая матрица. Коэффициенты передач.

#### **Тема 5. Метод динамики средних.**

Метод динамики средних. Средняя численность состояния. Дисперсия численности состояния. Уравнения Колмогорова для численностей состояний. Предельные средние численности. Доверительный интервал для численности состояния. Учет зависимости интенсивности потоков событий от численности состояний. Принцип квазирегулярности. Предельное поведение средних численностей состояний. Модель «хищник-жертва» Лотки-Вольтерры. Численные методы решения задачи Коши для систем дифференциальных уравнений. Модель войны Ланкастера. Условие взаимного истребления.

### **4. Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся и фонд оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине**

#### **4.1. Формы и методы текущего контроля успеваемости обучающихся и промежуточной аттестации.**

В ходе реализации дисциплины «Моделирование случайных процессов» используются следующие методы текущего контроля успеваемости обучающихся:

Таблица 3.1

| Тема (раздел)                                      | Формы (методы) текущего контроля успеваемости |
|--|---|
| Тема 1. Основы теории случайных процессов.         | Тестирование                                  |
| Тема 2. Марковские процессы с дискретным временем  | Контрольная работа                            |
| Тема 3. Марковские процессы с непрерывным временем | Контрольная работа                            |
| Тема 4. Системы массового обслуживания             | Тестирование, Контрольная работа              |
| Тема 5. Метод динамики средних                     | Контрольная работа                            |

#### **4.1.2. Зачет с оценкой проводится с применением следующих методов (средств):**

Зачет с оценкой включает в себя проверку теоретических знаний в форме устного опроса и проверку практических навыков решения задач в письменной форме. Во время зачета проверяется этап освоения компетенции ПКС-3.1.

Во время проверки сформированности этапа компетенции ПКС-3.1 оцениваются:

- умение грамотно формулировать основные определения теории случайных процессов и теории массового обслуживания;
- представление хода и результата решения задач;
- умение делать выводы на основе полученных результатов.

Преподаватель оценивает уровень подготовленности обучающихся к занятию по следующим показателям:

- устные ответы на вопросы преподавателя по теме занятия;

- проверки выполнения контрольных работ;
- по результатам выполнения тестов

Критерии оценивания опроса:

- содержание и формулировки ответов на вопросы;
- полнота и адекватность ответов.

Детализация баллов и критерии оценки текущего контроля успеваемости утверждаются на заседании кафедры.

Промежуточная аттестация может проводиться устно в ДОТ/письменно с прокторингом/ тестирование с прокторингом. Для успешного освоения курса учащемуся рекомендуется ознакомиться с литературой, размещенной в разделе 6, и материалами, выложенными в ДОТ.

## 4. 2. Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся.

### Материалы текущего контроля успеваемости

#### Типовые оценочные материалы по теме 1

Тестовые задания:

#### **ЗАДАНИЕ № 1** ( - выберите один вариант ответа)

Функция вероятности случайной величины, имеющей распределение Пуассона, может быть записана в виде:

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

$$1 \dot{P}(k) = C_n^k p^k q^{n-k} \qquad 2 \dot{P}(k) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}$$

$$3 \dot{f}(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \qquad 4 \dot{f}(x) = \lambda e^{-\lambda x}$$

#### **ЗАДАНИЕ № 2** ( - выберите один вариант ответа)

Функция вероятности случайной величины, имеющей биномиальное распределение, может быть записана в виде:

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

$$1 \dot{P}(k) = C_n^k p^k q^{n-k} \qquad 2 \dot{P}(k) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}$$

$$3 \dot{f}(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \qquad 4 \dot{f}(x) = \lambda e^{-\lambda x}$$

#### **ЗАДАНИЕ № 3** ( - выберите один вариант ответа)

Плотность случайной величины, имеющей экспоненциальное распределение, может быть записана в виде:

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

$$1 \dot{f}(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} \qquad 2 \dot{f}(x) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{1}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 0, & x > b \end{cases}$$

$$3 \dot{f}(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \qquad 4 \dot{f}(x) = \lambda e^{-\lambda x}$$

#### **ЗАДАНИЕ № 4** ( - выберите один вариант ответа)

Пусть имеется случайный процесс  $X(t)$ . Сечением этого процесса при  $t=t_0$  в общем



случае является:

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- |                       |                        |
|-----------------------|------------------------|
| 1) Случайная величина | 3) Константа           |
| 2) Случайная функция  | 4) Неслучайная функция |

**ЗАДАНИЕ № 5** ( - выберите один вариант ответа)

Пусть имеется случайный процесс  $X(t)$ . Реализацией этого процесса в конкретном испытании в общем случае является:

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- |                       |                        |
|-----------------------|------------------------|
| 1) Случайная величина | 3) Константа           |
| 2) Случайная функция  | 4) Неслучайная функция |

**ЗАДАНИЕ № 6** ( - выберите один вариант ответа)

Состояния системы, в которой протекает процесс с дискретным временем, изменяются:

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- |  |   |
|--|---|
| 1) В определенные моменты времени, множество которых конечно | 3) В определенные моменты времени, множество которых конечно или счетно |
| 2) В произвольные моменты времени                            | 4) Только в равноотстоящие моменты времени                              |

**ЗАДАНИЕ № 7** ( - выберите один вариант ответа)

Состояния системы, в которой протекает процесс с непрерывным временем, изменяются:

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- |  |   |
|--|---|
| 1) В определенные моменты времени, множество которых конечно | 3) В определенные моменты времени, множество которых конечно или счетно |
| 2) В произвольные моменты времени                            | 4) Только в равноотстоящие моменты времени                              |

**ЗАДАНИЕ № 8** ( - выберите один вариант ответа)

Процесс скользящего среднего  $MA(q)$  является стационарным, если:

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- |  |   |
|--|---|
| 1) Корни характеристического уравнения лежат внутри единичного круга | 3) Корни характеристического уравнения лежат вне единичного круга |
| 2) Процесс стационарен при любом конечном $q$                        | 4) Только при нечетных значениях $q$                              |

**ЗАДАНИЕ № 9** ( - выберите один вариант ответа)

Процесс авторегрессии  $AR(p)$  является стационарным, если:

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- |  |   |
|--|---|
| 1) Корни характеристического уравнения лежат внутри единичного круга | 3) Корни характеристического уравнения лежат вне единичного круга |
| 2) Процесс стационарен при любом конечном $p$                        | 4) Только при четных значениях $p$                                |

**ЗАДАНИЕ № 10** ( - выберите один вариант ответа)

Промежуток времени между двумя соседними событиями потока – это случайная величина, имеющая распределение:

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- |             |                     |
|-------------|---------------------|
| 1) Гаусса   | 3) Равномерное      |
| 2) Пуассона | 4) Экспоненциальное |

**Ключи:**

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 2 | 1 | 4 | 1 | 4 | 3 | 2 | 3 | 1 | 4  |

**Типовые оценочные материалы по теме 2**

**Контрольная работа**

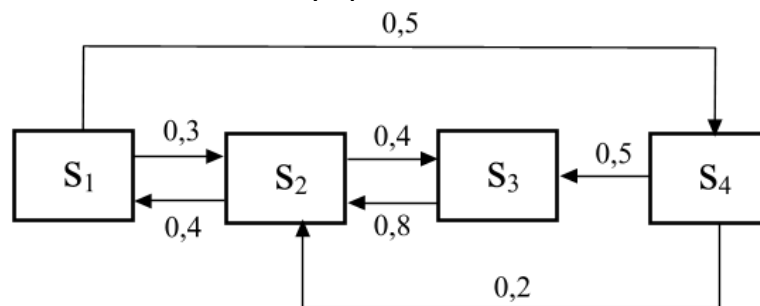
1 вариант

1) Стационарный процесс авторегрессии AR(1) описывается уравнением:

$$X(t) = 6 + 0,9 * X(t-1) + e(t), \quad e(t) \sim WN(0, 1)$$

Записать математическое ожидание, дисперсию, с.к.о., ковариационную и корреляционную функции процесса  $X(t)$ . Пусть  $X(0)=55$ , построить точечный и интервальный (уровень надежности 0,90) прогноз для моментов времени  $t=1, 2, 3$ .

2) Система  $S$  может находиться в 4-х состояниях. В системе протекает марковский процесс с дискретным временем. Размеченный граф состояний этой системы:



В начальный момент времени система находится в 3-м состоянии.

Найти вероятности состояний на 4-м шаге. Проверить, является ли марковская цепь регулярной. Найти предельные вероятности состояний, если они существуют.

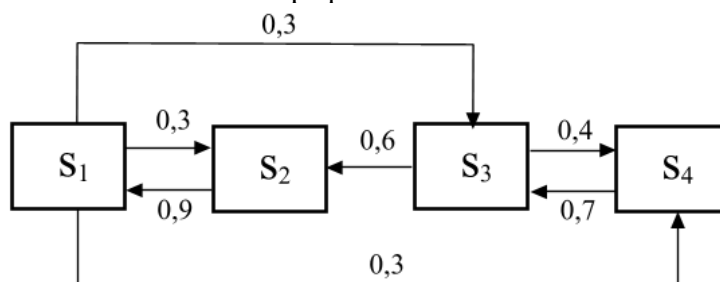
2 вариант

1) Процесс скользящего среднего MA(1) описывается уравнением:

$$X(t) = 10 + e(t) + 0,5 * e(t-1), \quad e(t) \sim WN(0, 1)$$

Записать математическое ожидание, дисперсию, с.к.о., ковариационную и корреляционную функции процесса  $X(t)$ . Пусть  $e(0)=5$ , построить точечный и интервальный (уровень надежности 0,99) прогноз для моментов времени  $t=1, 2, 3$ .

2) Система  $S$  может находиться в 4-х состояниях. В системе протекает марковский процесс с дискретным временем. Размеченный граф состояний этой системы:



В начальный момент времени система находится во 2-м состоянии.

Найти вероятности состояний на 3-м шаге. Проверить, является ли марковская цепь регулярной. Найти предельные вероятности состояний, если они существуют.

3 вариант

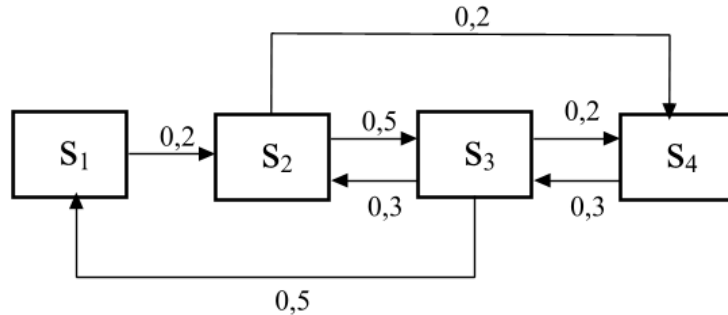
1) Стационарный процесс авторегрессии AR(1) описывается уравнением:

$$X(t) = 5 + 0,5 * X(t-1) + e(t), \quad e(t) \sim WN(0, 1)$$

Записать математическое ожидание, дисперсию, с.к.о., ковариационную и

корреляционную функцию процесса  $X(t)$ . Пусть  $X(0)=12$ , построить точечный и интервальный (уровень надежности 0,95) прогноз для моментов времени  $t=1, 2, 3$ .

2) Система  $S$  может находиться в 4-х состояниях. В системе протекает марковский процесс с дискретным временем. Размеченный граф состояний этой системы:



В начальный момент времени система находится в 1-м состоянии.

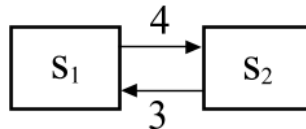
Найти вероятности состояний на 2-м шаге. Проверить, является ли марковская цепь регулярной. Найти предельные вероятности состояний, если они существуют.

### Типовые оценочные материалы по теме 3

#### Контрольная работа

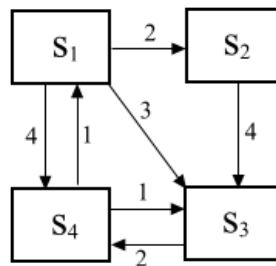
##### 1 вариант

1) Система  $S$  может находиться в 2-х состояниях. В начальный момент времени система находится в 1-м состоянии. В системе протекает марковский процесс с непрерывным временем, интенсивности простейших потоков, переводящих систему из состояния в состояние, указаны на размеченном графе:



Записать систему дифференциальных уравнений Колмогорова, найти вероятности состояний, решив систему операционным методом. Найти предельные вероятности состояний предельным переходом.

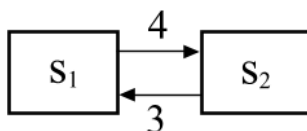
2) Система  $S$  может находиться в 4-х состояниях. В системе протекает марковский процесс с непрерывным временем, интенсивности простейших потоков, переводящих систему из состояния в состояние, указаны на размеченном графе:



Записать систему алгебраических уравнений и найти предельные вероятности состояний.

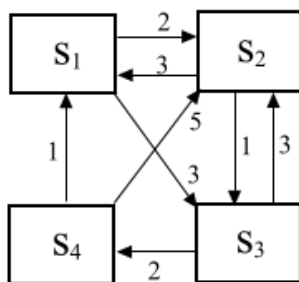
##### 2 вариант

1) Система  $S$  может находиться в 2-х состояниях. В начальный момент времени система находится во 2-м состоянии. В системе протекает марковский процесс с непрерывным временем, интенсивности простейших потоков, переводящих систему из состояния в состояние, указаны на размеченном графе:



Записать систему дифференциальных уравнений Колмогорова, найти вероятности состояний, решив систему операционным методом. Найти предельные вероятности состояний предельным переходом.

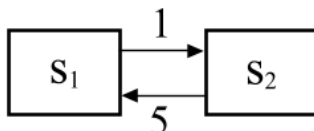
2) Система  $S$  может находиться в 4-х состояниях. В системе протекает марковский процесс с непрерывным временем, интенсивности простейших потоков, переводящих систему из состояния в состояние, указаны на размеченном графе:



Записать систему алгебраических уравнений и найти предельные вероятности состояний.

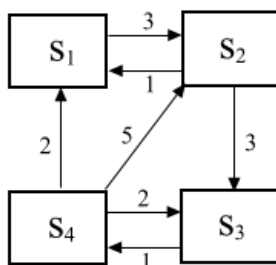
### 3 вариант

1) Система  $S$  может находиться в 2-х состояниях. В начальный момент времени система находится в 1-м состоянии. В системе протекает марковский процесс с непрерывным временем, интенсивности простейших потоков, переводящих систему из состояния в состояние, указаны на размеченном графе:



Записать систему дифференциальных уравнений Колмогорова, найти вероятности состояний, решив систему операционным методом. Найти предельные вероятности состояний предельным переходом.

2) Система  $S$  может находиться в 4-х состояниях. В системе протекает марковский процесс с непрерывным временем, интенсивности простейших потоков, переводящих систему из состояния в состояние, указаны на размеченном графе:



Записать систему алгебраических уравнений и найти предельные вероятности состояний.

## Типовые оценочные материалы по теме 4

Тестовые задания:

**ЗАДАНИЕ № 1** (- выберите один вариант ответа)

Для СМО с отказами не рассчитывают характеристику:

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- |                                   |                                      |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| 1) Вероятность отказа             | 3) Абсолютная пропускная способность |
| 2) Среднее число заявок в очереди | 4) Среднее число занятых каналов     |

**ЗАДАНИЕ № 2** ( - выберите один вариант ответа)

СМО с неограниченной очередью справляется с потоком заявок, если:

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- |   |  |
|---|--|
| 1) Нагрузка, приходящаяся на один канал, меньше 1 | 3) Интенсивность обслуживания заявок одним каналом больше интенсивности входящего потока |
| 2) СМО всегда справляется с потоком заявок        | 4) Число каналов больше интенсивности входящего потока                                   |

**ЗАДАНИЕ № 3** ( - выберите один вариант ответа)

СМО с неограниченной очередью справляется с потоком заявок, если:

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- |   |  |
|---|--|
| 1) Нагрузка, приходящаяся на один канал, меньше 1 | 3) Интенсивность обслуживания заявок одним каналом больше интенсивности входящего потока |
| 2) Такая СМО всегда справляется с потоком заявок  | 4) Число каналов больше интенсивности входящего потока                                   |

**ЗАДАНИЕ № 4** ( - выберите один вариант ответа)

В СМО с отказами поступившая заявка:

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- |  |  |
|--|--|
| 1) Всегда получает отказ   | 3) Получает отказ, если все каналы заняты, в противном случае начинает обслуживаться                                     |
| 2) Получает отказ, если все каналы заняты, в противном случае становится в очередь и дожидается обслуживания | 4) Получает отказ, если все каналы заняты, в противном случае становится в очередь, но не всегда дожидается обслуживания |

**ЗАДАНИЕ № 5** ( - выберите один вариант ответа)

В СМО с ограниченным временем ожидания поступившая заявка:

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- |  |   |
|--|---|
| 1) Получает отказ, если все каналы заняты и очередь достаточно длинная, в противном случае начинает обслуживаться или становится в очередь и дожидается обслуживания | 3) Получает отказ, если все каналы заняты, в противном случае начинает обслуживаться  |
| 2) Получает отказ, если все каналы заняты, в противном случае начинает обслуживаться или становится в очередь и дожидается обслуживания                              | 4) Получает отказ, если все каналы заняты, в противном случае начинает обслуживаться или становится в очередь, но не всегда дожидается обслуживания |

**ЗАДАНИЕ № 6** ( - выберите один вариант ответа)

В СМО с неограниченной очередью поступившая заявка:

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- |   |  |
|---|--|
| 1) Получает отказ, если все каналы заняты и очередь достаточно длинная, в противном случае начинает обслуживаться или становится в очередь и дожидается | 3) Получает отказ, если все каналы заняты, в противном случае начинает обслуживаться |
|---|--|

обслуживания

- 2) Получает отказ, если все каналы заняты, в противном случае начинает обслуживаться или становится в очередь и дожидается обслуживания
- 4) Получает отказ, если все каналы заняты, в противном случае начинает обслуживаться или становится в очередь, но не всегда дожидается обслуживания

**ЗАДАНИЕ № 7** ( - выберите один вариант ответа)

В СМО с ограничением на длину очереди поступившая заявка:

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- 1) Получает отказ, если все каналы заняты и очередь достаточно длинная, в противном случае начинает обслуживаться или становится в очередь и дожидается обслуживания
- 3) Получает отказ, если все каналы заняты, в противном случае начинает обслуживаться
- 2) Получает отказ, если все каналы заняты, в противном случае начинает обслуживаться или становится в очередь и дожидается обслуживания
- 4) Получает отказ, если все каналы заняты, в противном случае начинает обслуживаться или становится в очередь, но не всегда дожидается обслуживания

**ЗАДАНИЕ № 8** ( - выберите один вариант ответа)

Простейший поток заявок обладает свойствами:

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- 1) Ординарности
- 3) Отсутствия последействия
- 2) Стационарности
- 4) Всеми перечисленными

**ЗАДАНИЕ № 9** ( - выберите один вариант ответа)

Поток Эрланга не обладает свойством:

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- 1) Ординарности
- 3) Отсутствия последействия
- 2) Стационарности
- 4) Ни одним из перечисленных

**ЗАДАНИЕ № 10** ( - выберите один вариант ответа)

Приведенная интенсивность входящего потока - это:

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- 1) отношение интенсивности входящего потока к интенсивности обслуживания заявок одним каналом
- 3) отношение интенсивности входящего потока к интенсивности обслуживания заявок всеми каналами
- 2) отношение интенсивности обслуживания заявок одним каналом к интенсивности входящего потока
- 4) отношение интенсивности обслуживания заявок всеми каналами к интенсивности входящего потока

**Ключи:**

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 2 | 1 | 4 | 3 | 1  |

**Контрольная работа**

1 вариант

- 1) СМО имеет 4 канала обслуживания. В среднем в час поступает 40 заявок, среднее время обслуживания заявки одним каналом равно 0,1 часа. Если заявка поступает в момент, когда все каналы заняты, она покидает систему. Найти характеристики данной СМО.
- 2) СМО имеет 3 канала обслуживания. В среднем в час поступает 35 заявок, среднее время обслуживания заявки одним каналом 0,1 часа. Если заявка поступает в момент, когда все

каналы заняты, она становится в очередь, если в очереди меньше 2-х заявок, или покидает систему, если в очереди уже есть 2 заявки. Найти характеристики данной СМО.

3) СМО имеет 4 канала обслуживания. В среднем в час поступает 30 заявок, среднее время обслуживания заявки одним каналом 0,1 часа. Если заявка поступает в момент, когда все каналы заняты, она становится в очередь, какой бы длинной она ни была, и дожидается обслуживания. Найти характеристики данной СМО.

#### 2 вариант

1) СМО имеет 4 канала обслуживания. В среднем в час поступает 32 заявки, среднее время обслуживания заявки одним каналом равно 0,1 часа. Если заявка поступает в момент, когда все каналы заняты, она покидает систему. Найти характеристики данной СМО.

2) СМО имеет 2 канала обслуживания. В среднем в час поступает 28 заявок, среднее время обслуживания заявки одним каналом 0,1 часа. Если заявка поступает в момент, когда все каналы заняты, она становится в очередь, если в очереди меньше 3-х заявок, или покидает систему, если в очереди уже есть 3 заявки. Найти характеристики данной СМО.

3) СМО имеет 4 канала обслуживания. В среднем в час поступает 60 заявок, среднее время обслуживания заявки одним каналом 0,05 часа. Если заявка поступает в момент, когда все каналы заняты, она становится в очередь, какой бы длинной она ни была, и дожидается обслуживания. Найти характеристики данной СМО.

#### 3 вариант

1) СМО имеет 3 канала обслуживания. В среднем в час поступает 27 заявок, среднее время обслуживания заявки одним каналом равно 0,1 часа. Если заявка поступает в момент, когда все каналы заняты, она покидает систему. Найти характеристики данной СМО.

2) СМО имеет 3 канала обслуживания. В среднем в час поступает 35 заявок, среднее время обслуживания заявки одним каналом 0,1 часа. Если заявка поступает в момент, когда все каналы заняты, она становится в очередь, если в очереди меньше 2-х заявок, или покидает систему, если в очереди уже есть 2 заявки. Найти характеристики данной СМО.

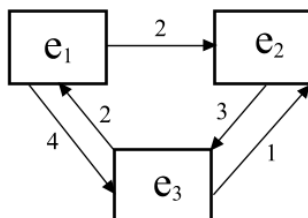
3). СМО имеет 4 канала обслуживания. В среднем в час поступает 30 заявок, среднее время обслуживания заявки одним каналом 0,1 часа. Если заявка поступает в момент, когда все каналы заняты, она становится в очередь, какой бы длинной она ни была, и дожидается обслуживания. Найти характеристики данной СМО.

### Типовые оценочные материалы по теме 5

#### Контрольная работа

##### 1 вариант

1) Система состоит из 150 одинаковых элементов. Каждый элемент может находиться в одном из 3-х состояний. Изменения состояний происходят под воздействием простейших потоков событий (интенсивности не зависят от численностей состояний). Размеченный граф состояний элемента:



Найти предельные средние численности состояний. Построить 95%-ный доверительный интервал для численности 3-го состояния.

2) Изучается динамика популяций хищников (А) и травоядных (В). Модель Вольтерры-Лотки имеет следующий вид:

$$\begin{cases} \frac{dm_A}{dt} = (-a + b \cdot m_B) \cdot m_A, \\ \frac{dm_B}{dt} = (c - d \cdot m_A) \cdot m_B. \end{cases}$$

где параметры:

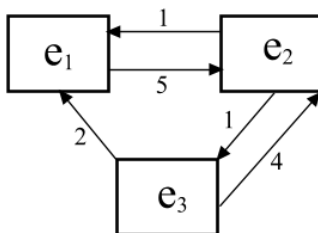
| a | b     | c | d    |
|---|-------|---|------|
| 5 | 0,002 | 6 | 0,06 |

Найти точку равновесия. Решить численно систему дифференциальных уравнений, если в начальный момент времени численность популяции хищников составляет 70 особей, а травоядных 2400 особей.

3) Численность армии А – 1000 единиц, а армии В – 700 единиц. Скорострельность единиц армии А равна 120 выстрелам в час, вероятность попадания 0,02. Скорострельность единиц армии В равна 180 выстрелам в час, вероятность попадания 0,08. Записать систему уравнений Ланкастера и решить ее. Какая из армий одержит победу?

### 2 вариант

1) Система состоит из 200 одинаковых элементов. Каждый элемент может находиться в одном из 3-х состояний. Изменения состояний происходят под воздействием простейших потоков событий (интенсивности не зависят от численностей состояний). Размеченный граф состояний элемента:



Найти предельные средние численности состояний. Построить 95%-ный доверительный интервал для численности 2-го состояния.

2) Изучается динамика популяций хищников (А) и травоядных (В). Модель Вольтерры-Лотки имеет следующий вид:

$$\begin{cases} \frac{dm_A}{dt} = (-a + b \cdot m_B) \cdot m_A, \\ \frac{dm_B}{dt} = (c - d \cdot m_A) \cdot m_B. \end{cases}$$

где параметры:

| a  | b     | c | d     |
|----|-------|---|-------|
| 20 | 0,004 | 3 | 0,006 |

Найти точку равновесия. Решить численно систему дифференциальных уравнений, если в начальный момент времени численность популяции хищников составляет 600 особей, а травоядных 4800 особей.

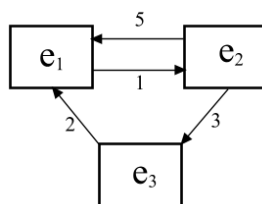
3) Численность армии А – 700 единиц, а армии В – 900 единиц. Скорострельность единиц армии А равна 80 выстрелам в час, вероятность попадания 0,04. Скорострельность единиц армии В равна 60 выстрелам в час, вероятность попадания 0,02. Записать систему уравнений Ланкастера и решить ее. Какая из армий одержит победу?

### 3 вариант

1) Система состоит из 100 одинаковых элементов. Каждый элемент может находиться в одном из 3-х состояний. Изменения состояний происходят под воздействием простейших потоков событий (интенсивности не зависят от численностей состояний). Размеченный



граф состояний элемента:



Найти предельные средние численности состояний. Построить 95%-ный доверительный интервал для численности 1-го состояния.

2) Изучается динамика популяций хищников (А) и травоядных (В). Модель Вольтерры-Лотки имеет следующий вид:

$$\begin{cases} \frac{dm_A}{dt} = (-a + b \cdot m_B) \cdot m_A, \\ \frac{dm_B}{dt} = (c - d \cdot m_A) \cdot m_B. \end{cases}$$

где параметры:

| a  | b    | c | d    |
|----|------|---|------|
| 10 | 0,01 | 1 | 0,01 |

Найти точку равновесия. Решить численно систему дифференциальных уравнений, если в начальный момент времени численность популяции хищников составляет 80 особей, а травоядных 1200 особей.

3) Численность армии А – 1000 единиц, а армии В – 2000 единиц. Скорострельность единиц армии А равна 100 выстрелам в час, вероятность попадания 0,05. Скорострельность единиц армии В равна 50 выстрелам в час, вероятность попадания 0,02. Записать систему уравнений Ланкастера и решить ее. Какая из армий одержит победу?

### 4.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Показатели и критерии оценивания компетенций с учетом этапа их формирования

Таблица 4.2

| Код компетенции | Наименование компетенции   | Код этапа освоения индикатора компетенции | Наименование компонента компетенции  |
|-----------------|--|---|--|
| ПКС-3           | Способен обосновывать решения на основе оценки и анализа целевых показателей, построения и применения алгоритмических моделей. | ПКС-3.1                                   | Применяет системный подход, методы теории принятия решений, методы оптимизации при обосновании решения |

**Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования**

Таблица 4.3

| Код компонента компетенции | Показатель оценивания   | Критерий оценивания  |
|----------------------------|---|--|
| ПКС-3.1                    | 1. Демонстрирует знание основных терминов и определений теории случайных процессов и теории массового | 1. Полнота и качество выполнения заданий, тестов, кейсов;<br>2. Полнота и качество работы и ответов на семинарских занятиях;<br>3. Полнота и качество ответов на экзамене. |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | <p>обслуживания;</p> <p>2. Демонстрирует умение решать задачи теории случайных процессов с использованием цифровых технологий.</p> <p>3. Демонстрирует умение выполнять базовые трудовые функции, связанные с решением задач теории массового обслуживания.</p> <p>4. Демонстрирует способность самостоятельно решать поставленные задачи.</p> |  |
|--|--|--|

Для оценки сформированности компетенций, знаний и умений, соответствующих данным компетенциям, используются контрольные вопросы, а также задачи.

### **Типовые оценочные материалы промежуточной аттестации**

#### **Вопросы к зачету с оценкой по дисциплине «Моделирование случайных процессов»:**

1. Дать определения случайной величины и закона ее распределения. Назвать основные характеристики случайных величин.
2. Дать определения случайного процесса, реализации случайного процесса и сечения случайного процесса.
3. Привести классификацию случайных процессов по времени и по состояниям.
4. Раскрыть смысл основных характеристикам случайного процесса: математическое ожидание, дисперсия, ковариационная и корреляционная функции.
5. Дать определение стационарного случайного процесса. Привести примеры стационарных и нестационарных процессов.
6. Дать определения марковского процесса и марковской цепи.
7. Описать способы задания марковской цепи: граф состояний и матрица переходных вероятностей. Дать классификацию состояний.
8. Вывести формулы вероятностей состояний марковской цепи на произвольном шаге.
9. Сформулировать достаточное условие существования и вывести формулы предельных вероятностей состояний марковской цепи.
10. Охарактеризовать поглощающие марковские цепи. Записать фундаментальную матрицу поглощающей марковской цепи.
11. Дать определение поглощающей марковской цепи. Вывести формулу среднего числа шагов до поглощения.
12. Дать определение поглощающей марковской цепи. Вывести формулы вероятностей поглощения.
13. Дать определение марковского процесса с дискретными состояниями и непрерывным временем.
14. Дать определение потока событий. Описать свойства, которыми могут обладать потоки событий. Привести примеры.
15. Дать определение простейшего потока событий и описать его свойства.

16. Назвать вероятностные характеристики числа событий в простейшем потоке за промежутки времени.
17. Назвать вероятностные характеристики времени между двумя событиями простейшего потока.
18. Привести систему линейных дифференциальных уравнений Колмогорова и поставить задачу Коши для нее.
19. Описать метод Эйлера интегрирования однородных линейных систем дифференциальных уравнений.
20. Описать операционный метод решения задачи Коши для систем дифференциальных уравнений.
21. Привести систему линейных алгебраических уравнений Колмогорова для предельных вероятностей и описать способы ее решения.
22. Дать определение процесса гибели и размножения. Вывести формулы предельных вероятностей состояний для такого процесса.
23. Дать определения потокам Пальма и Эрланга. Описать основные свойства потока Эрланга.
24. Охарактеризовать метод псевдосостояний.
25. Дать определение системы массового обслуживания, назвать основные элементы и привести классификацию СМО по различным признакам.
26. Описать СМО с отказами. Привести формулы расчета основных характеристик такой СМО.
27. Записать уравнения Эрланга и вывести формулы Эрланга для СМО с отказами.
28. Описать СМО с ограничением на длину очереди. Привести формулы расчета основных характеристик такой СМО.
29. Описать СМО с неограниченной очередью. Привести формулы расчета основных характеристик такой СМО.
30. Описать СМО с ограничением на время ожидания. Привести формулы расчета основных характеристик такой СМО.
31. Описать СМО с равномерной взаимопомощью между каналами. Привести формулы расчета основных характеристик такой СМО.
32. Дать определение сети массового обслуживания. Описать способы задания стохастической сети: граф передач и матрица передач.
33. Описать способ нахождения характеристик открытой сети, состоящей из нескольких СМО с неограниченной очередью.
34. Описать сущность метода динамики средних. Дать определения средней численности состояния и дисперсии численности состояния.
35. Записать уравнения Колмогорова для средних численностей состояний в произвольный момент времени.
36. Дать определение предельной средней численности состояния. Записать уравнения Колмогорова для предельных средних численностей состояний.
37. Получить доверительный интервал для численности состояния.
38. Сформулировать принцип квазирегулярности.
39. Описать модель «хищник-жертва» Лотки-Вольтерры.
40. Описать модель войны Ланкастера. Вывести условие взаимного истребления.

### **Типовые контрольные задания на зачет с оценкой:**

#### **Решить задачу:**

- 1) Стационарный процесс авторегрессии AR(1) описывается уравнением:

$$X(t) = 1 + 0,8 * X(t-1) + e(t), \quad e(t) \sim WN(0, 1)$$

Записать математическое ожидание, дисперсию, с.к.о., ковариационную и корреляционную функции процесса  $X(t)$ . Пусть  $X(0)=9$ , построить точечный и

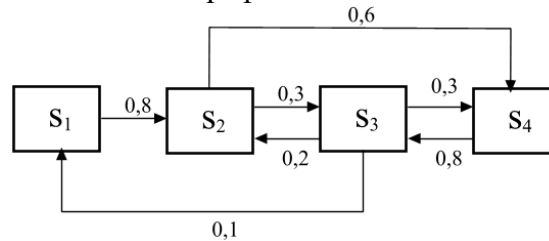
интервальный (уровень надежности 0,95) прогноз для моментов времени  $t=1, 2, 3$ .

2) Процесс скользящего среднего MA(1) описывается уравнением:

$$X(t) = 7 + e(t) + 0,7 * e(t-1), \quad e(t) \sim WN(0, 1)$$

Записать математическое ожидание, дисперсию, с.к.о., ковариационную и корреляционную функции процесса  $X(t)$ . Пусть  $e(0)=2$ , построить точечный и интервальный (уровень надежности 0,90) прогноз для моментов времени  $t=1, 2, 3$ .

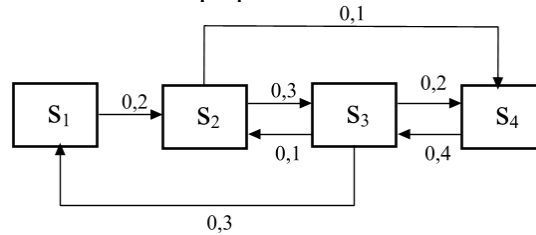
3) Система  $S$  может находиться в 4-х состояниях. В системе протекает марковский процесс с дискретным временем. Размеченный граф состояний этой системы:



В начальный момент времени система находится в 1-м состоянии.

Найти вероятности состояний на 5-м шаге. Проверить, является ли марковская цепь регулярной. Найти предельные вероятности состояний, если они существуют.

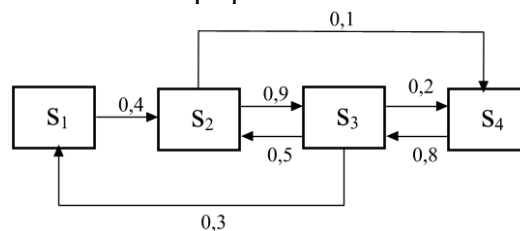
4) Система  $S$  может находиться в 4-х состояниях. В системе протекает марковский процесс с дискретным временем. Размеченный граф состояний этой системы:



В начальный момент времени система находится в 4-м состоянии.

Найти вероятности состояний на 4-м шаге. Проверить, является ли марковская цепь регулярной. Найти предельные вероятности состояний, если они существуют.

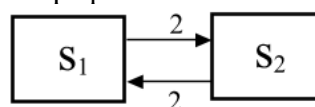
5) Система  $S$  может находиться в 4-х состояниях. В системе протекает марковский процесс с дискретным временем. Размеченный граф состояний этой системы:



В начальный момент времени система находится во 2-м состоянии.

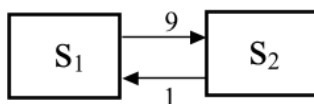
Найти вероятности состояний на 5-м шаге. Проверить, является ли марковская цепь регулярной. Найти предельные вероятности состояний, если они существуют.

6) Система  $S$  может находиться в 2-х состояниях. В начальный момент времени система находится в 1-м состоянии. В системе протекает марковский процесс с непрерывным временем, интенсивности простейших потоков, переводящих систему из состояния в состояние, указаны на размеченном графе:



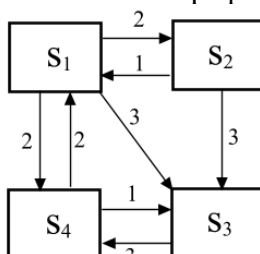
Записать систему дифференциальных уравнений Колмогорова, найти вероятности состояний, решив систему операционным методом. Найти предельные вероятности состояний предельным переходом.

7) Система  $S$  может находиться в 2-х состояниях. В начальный момент времени система находится в 1-м состоянии. В системе протекает марковский процесс с непрерывным временем, интенсивности простейших потоков, переводящих систему из состояния в состояние, указаны на размеченном графе:



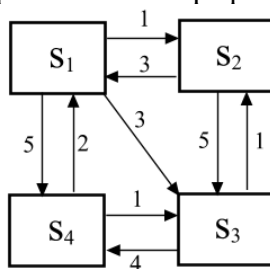
Записать систему дифференциальных уравнений Колмогорова, найти вероятности состояний, решив систему операционным методом. Найти предельные вероятности состояний предельным переходом.

8) Система  $S$  может находиться в 4-х состояниях. В системе протекает марковский процесс с непрерывным временем, интенсивности простейших потоков, переводящих систему из состояния в состояние, указаны на размеченном графе:



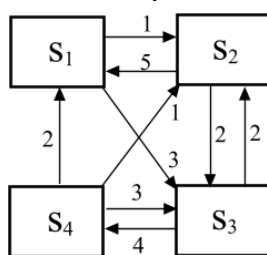
Записать систему алгебраических уравнений и найти предельные вероятности состояний.

9) Система  $S$  может находиться в 4-х состояниях. В системе протекает марковский процесс с непрерывным временем, интенсивности простейших потоков, переводящих систему из состояния в состояние, указаны на размеченном графе:



Записать систему алгебраических уравнений и найти предельные вероятности состояний.

10) Система  $S$  может находиться в 4-х состояниях. В системе протекает марковский процесс с непрерывным временем, интенсивности простейших потоков, переводящих систему из состояния в состояние, указаны на размеченном графе:



Записать систему алгебраических уравнений и найти предельные вероятности состояний.

11) СМО имеет 3 канала обслуживания. В среднем в час поступает 27 заявок, среднее время обслуживания заявки одним каналом равно 0,1 часа. Если заявка поступает в момент, когда все каналы заняты, она покидает систему. Найти характеристики данной СМО.

12) СМО имеет 4 канала обслуживания. В среднем в час поступает 40 заявок, среднее время обслуживания заявки одним каналом равно 0,1 часа. Если заявка поступает в момент, когда все каналы заняты, она покидает систему. Найти характеристики данной СМО.

13) СМО имеет 3 канала обслуживания. В среднем в час поступает 45 заявок, среднее время обслуживания заявки одним каналом равно 0,1 часа. Если заявка поступает в момент, когда все каналы заняты, она покидает систему. Найти характеристики данной СМО.

14) СМО имеет 2 канала обслуживания. В среднем в час поступает 40 заявок, среднее время обслуживания заявки одним каналом 0,05 часа. Если заявка поступает в момент, когда все каналы заняты, она становится в очередь, если в очереди меньше 2-х заявок, или покидает систему, если в очереди уже есть 2 заявки. Найти характеристики данной СМО.

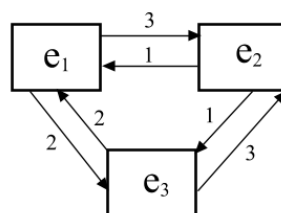
15) СМО имеет 3 канала обслуживания. В среднем в час поступает 35 заявок, среднее время обслуживания заявки одним каналом 0,1 часа. Если заявка поступает в момент, когда все каналы заняты, она становится в очередь, если в очереди меньше 2-х заявок, или покидает систему, если в очереди уже есть 2 заявки. Найти характеристики данной СМО.

16) СМО имеет 2 канала обслуживания. В среднем в час поступает 30 заявок, среднее время обслуживания заявки одним каналом 0,1 часа. Если заявка поступает в момент, когда все каналы заняты, она становится в очередь, если в очереди меньше 2-х заявок, или покидает систему, если в очереди уже есть 2 заявки. Найти характеристики данной СМО.

17) СМО имеет 2 канала обслуживания. В среднем в час поступает 30 заявок, среднее время обслуживания заявки одним каналом 0,05 часа. Если заявка поступает в момент, когда все каналы заняты, она становится в очередь, какой бы длинной она ни была, и дожидается обслуживания. Найти характеристики данной СМО.

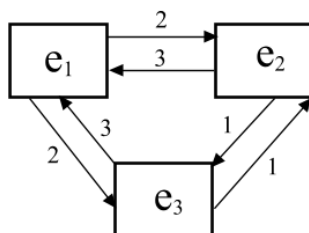
18) СМО имеет 4 канала обслуживания. В среднем в час поступает 30 заявок, среднее время обслуживания заявки одним каналом 0,1 часа. Если заявка поступает в момент, когда все каналы заняты, она становится в очередь, какой бы длинной она ни была, и дожидается обслуживания. Найти характеристики данной СМО.

19) Система состоит из 300 одинаковых элементов. Каждый элемент может находиться в одном из 3-х состояний. Изменения состояний происходят под воздействием простейших потоков событий (интенсивности не зависят от численностей состояний). Размеченный граф состояний элемента:



Найти предельные средние численности состояний. Построить 95%-ный доверительный интервал для численности 2-го состояния.

20) Система состоит из 250 одинаковых элементов. Каждый элемент может находиться в одном из 3-х состояний. Изменения состояний происходят под воздействием простейших потоков событий (интенсивности не зависят от численностей состояний). Размеченный граф состояний элемента:



Найти предельные средние численности состояний. Построить 95%-ный доверительный интервал для численности 3-го состояния.

### Описание системы оценивания

| Оценочные средства (формы текущего и промежуточного контроля) | Показатели оценки  | Критерии оценки   |
|---|--|---|
| Опрос   | Корректность и полнота ответов   | <p><b>Сложный вопрос:</b> полный, развернутый, обоснованный ответ – 4 балла<br/>           Правильный, но не аргументированный ответ – 2 балла<br/>           Неверный ответ – 0 баллов</p> <p><b>Обычный вопрос:</b> полный, развернутый, обоснованный ответ – 4 балла<br/>           Правильный, но не аргументированный ответ – 2 балла<br/>           Неверный ответ – 0 баллов.</p> <p><b>Простой вопрос:</b> Правильный ответ – 2 балла;<br/>           Неправильный ответ – 0 баллов</p> |
| Тест  | 1) Правильность решений;<br>2) Корректность ответов                              | В зависимости от семестра максимальное количество баллов за один тест составляет 5 или 10 баллов  |
| Контрольная работа  | 1) правильность решения;<br>2) корректность выводов<br>3) обоснованность решений | При условии 2 контрольных в семестре, максимальное количество баллов за каждую из них – 10.<br>Если контрольная работа состоит из 5 заданий, то баллы за каждое из них начисляются от 0 до 2  |

Оценивание студентов на экзамене по дисциплине «Моделирование случайных процессов»

| Баллы<br>%                        | Критерии  |
|-----------------------------------|---|
| 100-85<br>«отлично»               | Оценка «отлично» на экзамене выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение. |
| 84-70<br>«хорошо»                 | – Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения, допускает неточности в увязывании теории с практикой.  |
| 69-55<br>«удовлетворительно»      | – Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при установлении связи теории и практики.   |
| Менее 55<br>«неудовлетворительно» | – Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями устанавливает связь теории и практики.  |

**Шкала оценивания.**

Оценка результатов производится на основе балльно-рейтинговой системы (БРС). Использование БРС осуществляется в соответствии с приказом от 06 сентября 2019 г. №306 «О применении балльно-рейтинговой системы оценки знаний обучающихся».

Схема расчетов сформирована в соответствии с учебным планом направления, согласована с руководителем научно-образовательного направления, утверждена деканом факультета.

Схема расчетов доводится до сведения студентов на первом занятии по данной дисциплине, является составной частью рабочей программы дисциплины и содержит информацию по изучению дисциплины, указанную в Положении о балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в РАНХиГС.

В случае если студент в течение семестра не набирает минимальное число баллов, необходимое для сдачи промежуточной аттестации, то он может заработать дополнительные баллы, отработав соответствующие разделы дисциплины, получив от преподавателя компенсирующие задания.

В случае получения на промежуточной аттестации неудовлетворительной оценки студенту предоставляется право повторной аттестации в срок, установленный для ликвидации академической задолженности по итогам соответствующей сессии.

Обучающийся, набравший в ходе текущего контроля в семестре от 51 до 70 баллов, по его желанию может быть освобожден от промежуточной аттестации.

| Количество баллов | Оценка |
|-------------------|--------|
|-------------------|--------|



|        | <b>прописью</b>   | <b>буквой</b> |
|--------|-------------------|---------------|
| 96-100 | отлично           | А             |
| 86-95  | отлично           | В             |
| 71-85  | хорошо            | С             |
| 61-70  | хорошо            | Д             |
| 51-60  | удовлетворительно | Е             |

Шкала перевода оценки из многобалльной в систему «зачтено»/«не зачтено»:

|                     |              |
|---------------------|--------------|
| от 0 по 50 баллов   | «не зачтено» |
| от 51 по 100 баллов | «зачтено»    |

Перевод балльных оценок в академические отметки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно»

- «Отлично» (А) - от 96 по 100 баллов – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено максимальным числом баллов.

- «Отлично» (В) - от 86 по 95 баллов – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

- «Хорошо» (С) - от 71 по 85 баллов – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

- «Хорошо» (D) - от 61 по 70 баллов – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

- «Удовлетворительно» (Е) - от 51 по 60 баллов – теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий выполнены с ошибками.

#### **4.4. Методические материалы по освоению дисциплины**

Рабочей программой дисциплины предусмотрены следующие виды аудиторных занятий: лекции, практические занятия, контрольные работы. На лекциях рассматриваются наиболее сложный материал дисциплины. Для развития у студентов креативного мышления и логики в каждом разделе предусмотрены теоретические положения, требующие самостоятельного доказательства. Кроме того, часть теоретического материала предоставляется на самостоятельное изучение по рекомендованным источникам для формирования навыка самообучения.

Практические занятия предназначены для самостоятельной работы студентов по решению конкретных задач. Каждое практическое занятие сопровождается домашними заданиями, выдаваемыми студентам для решения во внеаудиторное время. Для формирования у студентов навыка совместной работы в коллективе некоторые задания

решаются с помощью разбиения на группы методом мозговой атаки.

Для работы с печатными и электронными ресурсами СЗИУ имеется возможность доступа к электронным ресурсам. Организация работы студентов с электронной библиотекой указана на сайте института (странице сайта – «Научная библиотека»).

## 5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Обучение по дисциплине «Моделирование случайных процессов» предполагает изучение курса на аудиторных занятиях (лекции, практические работы) и самостоятельной работы обучающихся. Семинарские занятия дисциплины «Моделирование случайных процессов» предполагают их проведение в различных формах с целью выявления полученных знаний, умений, навыков и компетенций с проведением контрольных мероприятий, описанных в п.4.3.1. С целью обеспечения успешного обучения обучающийся должен готовиться к лекции, поскольку она является важнейшей формой организации учебного процесса, поскольку:

- знакомит с новым учебным материалом;
- разъясняет учебные элементы, трудные для понимания;
- систематизирует учебный материал;
- ориентирует в учебном процессе.

Подготовка к лекции заключается в следующем:

- внимательно прочитайте материал предыдущей лекции;
- узнайте тему предстоящей лекции (по тематическому плану, по информации лектора);
- ознакомьтесь с учебным материалом по учебнику и учебным пособиям;
- постарайтесь уяснить место изучаемой темы в своей профессиональной подготовке;
- запишите возможные вопросы, которые вы зададите лектору на лекции.

Подготовка к семинарским занятиям:

- внимательно прочитайте материал лекций, относящихся к данному семинарскому занятию, ознакомьтесь с учебным материалом по учебнику и учебным пособиям;
- выпишите основные термины;
- ответьте на контрольные вопросы по семинарским занятиям, готовьтесь дать развернутый ответ на каждый из вопросов;
- уясните, какие учебные элементы остались для вас неясными и постарайтесь получить на них ответ заранее (до семинарского занятия) во время текущих консультаций преподавателя;
- готовиться можно индивидуально, парами или в составе малой группы, последние являются эффективными формами работы;
- рабочая программа дисциплины в части целей, перечню знаний, умений, терминов и учебных вопросов может быть использована вами в качестве ориентира в организации обучения.

Подготовка к зачету с оценкой.

К зачету с оценкой необходимо готовится целенаправленно, регулярно, систематически и с первых дней обучения по данной дисциплине. Попытки освоить дисциплину в период зачётно-экзаменационной сессии, как правило, показывают не слишком удовлетворительные результаты. В самом начале учебного курса познакомьтесь со следующей учебно-методической документацией:

- программой дисциплины;
- перечнем знаний и умений, которыми студент должен владеть;
- тематическими планами лекций, семинарских занятий;

- контрольными мероприятиями;
- учебником, учебными пособиями по дисциплине, а также электронными ресурсами;
- перечнем вопросов к экзамену.

После этого у вас должно сформироваться четкое представление об объеме и характере знаний и умений, которыми надо будет овладеть по дисциплине. Систематическое выполнение учебной работы на лекциях и семинарских занятиях позволит успешно освоить дисциплину и создать хорошую базу для сдачи зачета с оценкой.

## **6. Учебная литература и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", включая перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

### **6.1. Основная литература**

1. Каштанов, В. А. Случайные процессы: учебник и практикум для вузов / В. А. Каштанов, Н. Ю. Энатская. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 156 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04482-9. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/471595>

2. Красс, М. С. Математика в экономике: математические методы и модели: учебник для бакалавров / М. С. Красс, Б. П. Чупрынов; ответственный редактор М. С. Красс. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 541 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-3138-9. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/426162>

3. Кремер, Н. Ш. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник и практикум для вузов / Н. Ш. Кремер. — 5-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 538 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10004-4. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/475438>

4. Смагин, Б. И. Экономико-математические методы: учебник для вузов / Б. И. Смагин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 272 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-9814-6. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/471903>

5. Самусевич, Г. А. Моделирование процессов функционирования СМО: учебное пособие для вузов / Г. А. Самусевич. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 117 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14255-6. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/468112>

Все источники основной литературы взаимозаменяемы.

### **6.2 Дополнительная литература**

1. Вентцель Е.С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения: [учебное пособие для втузов] / Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. — 5-е изд., стер. — М.: КноРус, 2013. — 441 с.

### **6.3. Нормативные правовые документы.**

Не используются

### **6.4. Интернет-ресурсы.**

СЗИУ располагает доступом через сайт научной библиотеки <http://nwara.spb.ru/> к следующим подписным электронным ресурсам:

#### **Русскоязычные ресурсы**

Электронные учебники электронно - библиотечной системы (ЭБС) «Айбукс»

Электронные учебники электронно – библиотечной системы (ЭБС) «Лань»

Рекомендуется использовать следующие интернет-ресурсы

<http://serg.fedosin.ru/ts.htm>

<http://window.edu.ru/resource/188/64188/files/chernyshov.pdf>

#### **6.5. Иные источники.**

Не используются.

### **7. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы**

Лабораторная работа проводится в компьютерном классе. Учебная дисциплина включает использование программного обеспечения Microsoft Excel, Microsoft Word, для подготовки текстового и табличного материала.

Интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта, профессиональные тематические чаты и форумы, системы аудио и видео конференций, онлайн энциклопедии, справочники, библиотеки, электронные учебные и учебно-методические материалы).

#### **Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

| № п/п | Наименование   |
|-------|--|
| 1.    | Компьютерные классы с персональными ЭВМ, объединенными в локальные сети с выходом в Интернет |
| 2.    | Пакет Excel -2013, 2017, professional plus   |
| 3.    | Мультимедийные средства в каждом компьютерном классе и в лекционной аудитории                |
| 4.    | Браузер, сетевые коммуникационные средства для выхода в Интернет                             |
| 5.    | Облачные технологии Elma365, Promise   |

Компьютерные классы из расчета 1 ПЭВМ для одного обучаемого. Каждому обучающемуся должна быть предоставлена возможность доступа к сетям типа Интернет в течение не менее 20% времени, отведенного на самостоятельную подготовку.