МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное**

**образовательное учреждение высшего образования**

**«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет**

**им. Н.И. Лобачевского»**

|  |
| --- |
| Институт информационных технологий, математики и механики |

|  |
| --- |
| УТВЕРЖДАЮ: |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Директор |  | В.П. Гергель |

**Рабочая программа дисциплины**

|  |
| --- |
| **Построение и анализ моделей потока случайных событий** |

Уровень высшего образования

|  |
| --- |
| **Бакалавриат** |

Направление подготовки

|  |
| --- |
| **01.03.02 Прикладная математика и информатика** |

Направленность образовательной программы

|  |
| --- |
| **Прикладная математика и информатика (общий профиль)** |

Квалификация (степень)

|  |
| --- |
| **Бакалавр** |

Форма обучения

|  |
| --- |
| **Очная** |

Нижний Новгород

2018

**1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина «Построение и анализ моделей потока случайных событий» предназначена для студентов 4-го курса бакалавриата (7 семестр), обучающихся по направлению «Прикладная математика и информатика», относится к вариативной части ОПОП, дисциплинам по выбору (Б1.В.ДВ.09.07 – дисциплины по выбору). Дисциплина опирается на материал курсов «Вероятностные модели», «Теория вероятностей», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Алгебра и геометрия», «Дифференциальные уравнения».

**Цель освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Построение и анализ моделей потока случайных событий» являются ознакомление с основными моделями потоков случайных событий, овладение навыками математического моделирования неклассического потока событий и статистического анализа данных, представляющих поток случайных событий.

1. **Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)**

|  |  |
| --- | --- |
| **Формируемые компетенции** | **Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций** |
| *ОПК-3* ***способность к разработке алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и имитационных моделей, созданию информационных ресурсов глобальных сетей, образовательного контента, прикладных баз данных, тестов и средств тестирования систем и средств на соответствие***  ***стандартам и исходным требованиям***  ***(завершающий этап)*** | ***УМЕТЬ***  *У1(ОПК-3) строить математические модели систем массового обслуживания, аналогичные изученным.*  ***ВЛАДЕТЬ***  *В1(ОПК-3) основными навыками математического моделирования случайных потоков.* |
| *ПК-2* ***способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат***  ***(завершающий этап)*** | ***ЗНАТЬ***  *З1(ПК-2) базовые понятия и методы дисциплины «Теория вероятностей и математическая статистика»;*  *З2 (ПК-2) основные понятия теории случайных потоков;*  *З3 (ПК-2) некоторые известные модели потока случайных событий (рекуррентный и квазирекуррентный потоки, пуассоновский поток, MAP-поток).*  ***УМЕТЬ***  *У1(ПК-2) решать прикладные задачи, аналогичные решаемым в рамках дисциплины, с применением базовых математических методов, в частности дисциплины «Теория вероятностей и математическая статистика».* |
| *ПК-7* ***способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения***  ***(завершающий этап)*** | ***УМЕТЬ***  *У1(ПК-7) разрабатывать и использовать программное обеспечение для простейшего статистического анализа данных некоторого случайного потока.*  ***ВЛАДЕТЬ***  *В1(ПК-7) современными инструментальными вычислительными средствами.* |

1. **Структура и содержание дисциплины «Построение и анализ моделей потока случайных событий»**

Объем дисциплины составляет **2** зачетные единицы, всего **72** часа, из которых **33** часа составляет **контактная работа** обучающегося с преподавателем:

**16** часов – занятия лекционного типа,

**16** часов – занятия семинарского типа,

**1** час промежуточной аттестации

Самостоятельная работа обучающегося – **39** часов.

Содержание дисциплины

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины,**  **форма промежуточной аттестации по дисциплине** | **Всего (часы)** | в том числе | | | | |
| **контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы**  из них | | | | **Самостоятельная**  **работа обучающегося,**  **часы** |
| **Занятия лекционного типа** | **Занятия семинарского типа** | **Лабораторные работы** | **Всего**  **контактных часов** |
| **1. Введение в теорию случайных потоков.**  Классические способы описания и задания потоков. Распространенные известные модели потоков случайных событий. | 15 | 4 | 2 |  | 6 | 9 |
| **2. Статистический аппарат теории случайных потоков.**  Гипотеза случайности и способы ее проверки. Гипотеза о виде распределения и способы ее проверки. Оценивание неизвестных параметров распределения. | 15 | 3 | 2 |  | 5 | 10 |
| **3. Построение модели пачки событий.**  Механизм образования отдельной пачки неоднородных событий. Вывод уравнений для распределения числа событий в пачке. Эргодическое распределение числа событий в пачке. | 16 | 3 | 4 |  | 7 | 9 |
| **4. Построение модели неординарного пуассоновского потока.**  Неординарный пуассоновский поток, его свойства. Числовые характеристики считающего случайного процесса для неординарного пуассоновского потока. | 10 | 2 | 4 |  | 6 | 4 |
| **5. Нелокальное описание потока событий.**  Способы разбиения реального потока событий на пачки. Оценка параметров распределений, возникающих при нелокальном описании потоков. | 9 | 2 | 3 |  | 5 | 4 |
| **6. Марковизируемые потоки событий.**  MP-потоки, MAP-потоки, полумарковские потоки. | 6 | 2 | 1 |  | 3 | 3 |
| **В т.ч. текущий контроль** | 2 |  | 2 |  |  |  |
| **Промежуточная аттестация - Зачет**. | | | | | | |

1. **Образовательные технологии**

Основной формой обучения являются занятия лекционного и семинарского типа (практические занятия). Занятия лекционного типа могут быть следующих типов: лекция-информация, лекция-беседа, проблемная лекция, лекция-консультация.

**Лекция-информация.** Ориентирована на изложение и объяснение студентам научной информации, подлежащей осмыслению и запоминанию.

**Лекция-беседа.** Предполагает непосредственный контакт преподавателя с аудиторией. Ее преимущество состоит в том, что она позволяет привлекать внимание слушателей к наиболее важным вопросам темы, определять содержание и темп изложения учебного материала с учетом особенностей аудитории. Участие студентов в лекции-беседе можно обеспечить различными приемами: вопросы к аудитории, которые могут быть как элементарные, с целью сосредоточить внимание слушателей, так и проблемные.

**Проблемная лекция.** На этой лекции новое знание вводится через проблемность вопроса, задачи или ситуации. При этом процесс познания студентов в сотрудничестве и диалоге с преподавателем приближается к исследовательской деятельности. Содержание проблемы раскрывается путем организации поиска ее решения или суммирования и анализа традиционных и современных точек зрения.

**Лекция-консультация.**Может проходить по разным сценариям. Первый вариант осуществляется по типу «вопросы—ответы». Лектор отвечает в течение лекционного времени на вопросы студентов по всем разделу или всему курсу. Второй вариант такой лекции, представляемой по типу «вопросы—ответы— дискуссия», является трояким сочетанием: изложение новой учебной информации лектором, постановка вопросов и организация дискуссии в поиске ответов на поставленные вопросы».

**Практические занятия.** Одна из форм учебного занятия, направленная на развитие самостоятельности обучающихся и приобретение умений и навыков. Данные учебные занятия углубляют, расширяют, детализируют полученные на лекции знания. Практическое занятие предполагает выполнение студентами различных заданий под руководством преподавателя. Практические занятия служат своеобразной формой осуществления связи теории с практикой. Структура практических занятий в основном одинакова — вступление преподавателя, вопросы студентов по материалу, который требует дополнительных разъяснений, собственно практическая часть, заключительное слово преподавателя.

В процесс изучения дисциплины внедряются научные результаты, полученные сотрудниками кафедры и имеющиеся в доступе в сети Интернет.

Изучение дисциплины также проходит в виде самостоятельной внеаудиторной работы студентов. Самостоятельная работа включает в себя ознакомление с теоретическим материалом, выполнение домашних заданий и подготовка проекта (написание программного комплекса) по итогу семестра.

1. **Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**
   1. **Виды самостоятельной работы студентов:**
2. Ознакомление с теоретическим материалом по источникам, указанным в списке литературы;
3. Решение домашних контрольных работ;
4. Выполнение проекта;
5. Подготовка к зачету.

Задание для выполнения **проекта** выдается студенту после освоения второго раздела дисциплины.

Знания, необходимые для выполнения проекта, студент получает по мере освоения дисциплины. Студенту необходимо выполнить задание проекта и подготовиться к его защите. На одном из последних семинарских занятий происходит текущий контроль выполнения проекта. При этом преподаватель проверяет корректность работы программы, проводит экспресс-опрос студента, корректирует работу студента и дает рекомендации по улучшению проекта. Окончательная защита проекта происходит на зачете.

* 1. **Образовательные материалы для самостоятельной работы студентов**

1. [Рыков В. В.](#none) Основы теории массового обслуживания (Основной курс:марковские модели, методы марковизации): Уч.пос. / Рыков В.В., Козырев Д.В.  — Режим доступа:                                                                     http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=506207
2. Fedotkin, M., Rachinskaya M. Parameters Estimator of the Probabilistic Model of Moving Batches Traffic Flow // Distributed Computer and Communication Networks. Ser. Communications in Computer and Information Science. — 2014. — V. 279. – P. 154–168. URL:

https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-05209-0\_14

1. Рачинская М.А., Федоткин М.А. Статистический анализ потока импульсов вдоль нервного волокна // Статистика в современном обществе: еѐ роль и значение в вопросах государственного управления и общественного развития: Материалы Межрегиональной научно-практической конференции, посвященной 180-летию со времени образования органов государственной статистики Нижегородской области (г. Н. Новгород, 28 мая 2015 г.) / Под ред. Г.П. Поляковой, Р.Г. Стронгина, В.Н. Цыбанева, Н.Р. Стронгиной, В.Г. Горячевой, М.А. Паченовой.–Н. Новгород: Нижегородстат–Нижегородский госуниверситет, 2015. С 457–464. — Открытый доступ URL:

http://nizhstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\_ts/nizhstat/resources/2cf6448049b38f39b57afff2e93b570e/%D0%A1%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA+%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B2.pdf

1. **Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине**, включающий:
   1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

***Оценка уровня формирования компетенции ОПК‐3***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Индикаторы компетенции | Критерии оценивания (дескрипторы) | Шкала оценивания |
| **УМЕТЬ**  У1(ОПК3) строить математические модели систем массового обслуживания, аналогичные изученным.  **ВЛАДЕТЬ**  В1(ОПК3) основными навыками математического моделирования случайных потоков. | Полное отсутствие способности решения стандартных задач, полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией. | Плохой уровень формирования компетенции.  «Плохо» |
| Наличие грубых ошибок при решении стандартных задач, отсутствие навыков, предусмотренных данной компетенцией. | Неудовлетворительный уровень формирования компетенции.  «Неудовлетворительно» |
| **Уметь,** в основном, У1 с погрешностями. **Владеть**, в основном, В1с погрешностями. | Удовлетворительный уровень формирования компетенции.  «Удовлетворительно» |
| **Уметь** У1 с незначительными погрешностями. **Владеть** В1 с  незначительными погрешностями. | Хороший уровень  формирования компетенции.  «Хорошо» |
| **Уметь** У1 с незначительными погрешностями. **Владеть** навыками, предусмотренными компетенцией, демонстрируя их при решении стандартных задач. | Очень хороший уровень  формирования компетенции  «Очень хорошо» |
| **Уметь** У1в полном объеме.  **Владеть** всеми навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях. | Отличный уровень  формирования компетенции  «Отлично» |
| **Уметь** У1 в полном объеме.  **Владеть** всеми навыками, демонстрируя их при решении стандартных и нестандартных задач. | Превосходный уровень  формирования компетенции  «Превосходно» |

***Оценка уровня формирования компетенции ПК‐2***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Индикаторы компетенции | Критерии оценивания (дескрипторы) | Шкала оценивания |
| **ЗНАТЬ**  З1(ПК2) базовые понятия и методы дисциплины «Теория вероятностей и математическая статистика»;  З2 (ПК2) основные понятия теории случайных потоков;  З3 (ПК2) некоторые известные модели потока случайных событий (рекуррентный и квазирекуррентный потоки, пуассоновский поток, MAP-поток).  **УМЕТЬ**  У1(ПК2) решать прикладные задачи, аналогичные решенным в рамках дисциплины, с применением базовых математических методов, в частности дисциплины «Теория вероятностей и математическая статистика». | Отсутствие знаний материала, отсутствует способность решения стандартных задач. | Плохой уровень формирования компетенции.  «Плохо» |
| Наличие грубых ошибок в основном материале, наличие грубых ошибок при решении стандартных задач, отсутствие навыков, предусмотренных данной компетенцией. | Неудовлетворительный уровень формирования компетенции.  «Неудовлетворительно» |
| **Знать** некоторые основные понятия теории случайных потоков. **Уметь** решать некоторые прикладные задачи. | Удовлетворительный уровень формирования компетенции.  «Удовлетворительно» |
| **Знать** большинство основных понятий З1-З2 и некоторые модели, изученные в рамках З3. **Уметь** решать некоторые прикладные задачи с незначительными погрешностями. | Хороший уровень  формирования компетенции.  «Хорошо» |
| **Знать** большинство основных понятий З1-З2 и большинство моделей, изученных в рамках З3. **Уметь** решать большинство предложенных прикладных задач с незначительными погрешностями. | Очень хороший уровень  формирования компетенции.  «Очень хорошо» |
| **Знать** основные понятия, методы и алгоритмы, предусмотренные компетенцией без ошибок и погрешностей. **Уметь** У1 в полном объеме. | Отличный уровень  формирования компетенции.  «Отлично» |
| **Знать** основной и дополнительный материал без ошибок и погрешностей. **Уметь** У1 в полном объеме. | Превосходный уровень  формирования компетенции.  «Превосходно» |

***Оценка уровня формирования компетенции ПК‐7***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Индикаторы компетенции | Критерии оценивания (дескрипторы) | Шкала оценивания |
| **УМЕТЬ**  У1(ПК7) разрабатывать и использовать программное обеспечение для простейшего статистического анализа данных некоторого случайного потока.  **ВЛАДЕТЬ**  В1(ПК7) современными инструментальными вычислительными средствами. | Полное отсутствие способности решения стандартных задач, полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией. | Плохой уровень формирования компетенции.  «Плохо» |
| Наличие грубых ошибок при решении стандартных задач, отсутствие навыков, предусмотренных данной компетенцией. | Неудовлетворительный уровень формирования компетенции.  «Неудовлетворительно» |
| **Уметь,** в основном, У1 с погрешностями. **Владеть**, в основном, В1с погрешностями. | Удовлетворительный уровень формирования компетенции.  «Удовлетворительно» |
| **Уметь** У1 с незначительными погрешностями. **Владеть** В1 с  незначительными погрешностями. | Хороший уровень  формирования компетенции.  «Хорошо» |
| **Уметь** У1 с незначительными погрешностями. **Владеть** навыками, предусмотренными компетенцией, демонстрируя их при решении стандартных задач. | Очень хороший уровень  формирования компетенции  «Очень хорошо» |
| **Уметь** У1в полном объеме.  **Владеть** всеми навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях. | Отличный уровень  формирования компетенции  «Отлично» |
| **Уметь** У1 в полном объеме.  **Владеть** всеми навыками, демонстрируя их при решении стандартных и нестандартных задач. | Превосходный уровень  формирования компетенции  «Превосходно» |

**Карта компетенций для оценивания знаний, умений и навыков**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Индикаторы  компетенции | Критерии оценивания (дескрипторы) | | | | | | |
| «плохо» | «неудовлетворительно» | «удовлетворительно» | «хорошо» | «очень хорошо» | «отлично» | «превосходно» |
| Знания  З1-З3(ПК2) | отсутствие знаний материала | наличие грубых ошибок в основном материале | знание основного материала с рядом негрубых ошибок | знание основного материала с рядом заметных погрешностей | знание основного материала с незначительными погрешностями | знание основного материала без ошибок и погрешностей | знание основного и дополнительного материала без ошибок и погрешностей |
| Умения  У1(ОПК3), У1(ПК2), У1(ПК7) | отсутствует способность решения стандартных задач | наличие грубых ошибок при решении стандартных задач | способность решения основных стандартных задач с негрубыми ошибками | способность решения всех стандартных задач с незначительными погрешностями | способность решения всех стандартных задач без ошибок и погрешностей | способность решения стандартных и некоторых нестандартных задач | способность решения стандартных задач и широкого круга нестандартных задач |
| Навыки  В1(ОПК3), В1(ПК7) | полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией | отсутствие ряда важнейших навыков, предусмотренных данной компетенцией | наличие минимально необходимого множества навыков | наличие большинства основных навыков, продемонстрированное в стандартных ситуациях | наличие всех основных навыков, продемонстрированных в стандартных ситуациях | наличие всех навыков, продемонстрированное в стандартных ситуациях | Наличие всех навыков, продемонстрированное в стандартных и нестандартных ситуациях |
| Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий | 0 – 20 % | 20 – 50 % | 50 – 70 % | 70-80 % | 80 – 90 % | 90 – 99 % | 100% |

* 1. Описание шкал оценивания

Для оценивания результатов учебной деятельности студентов при изучении дисциплины «Построение и анализ моделей потока случайных событий» используется балльная система оценки учебной работы студентов.

При текущем контроле успеваемости используются следующие шкалы оценивания:

**Критерии оценок выполнения задач из контрольных работ**

(каждая задача оценивается в 2 балла)

|  |  |
| --- | --- |
| Решена полностью | 2 |
| Решена основная часть задачи, или задача решена с недочетами | 1,5 |
| Задача решена наполовину | 1 |
| Сделан первый этап в решении задачи | 0,5 |
| Нет решения | 0 |

**Суммарная оценка выполнения контрольных работ, состоящих из трех задач:**

|  |  |
| --- | --- |
| **Количество баллов** | **Оценка** |
| 6 | Отлично |
| 5-5,5 | Очень хорошо |
| 4-4,5 | Хорошо |
| 3,5 | Удовлетворительно |
| 1,5-3 | Неудовлетворительно |
| 0-1 | Плохо |

**Суммарная оценка выполнения контрольных работ, состоящих из четырех задач:**

|  |  |
| --- | --- |
| **Количество баллов** | **Оценка** |
| 7,5-8 | Отлично |
| 6,5-7 | Очень хорошо |
| 5,5-6 | Хорошо |
| 4-5 | Удовлетворительно |
| 1,5-3,5 | Неудовлетворительно |
| 0-1 | Плохо |

**Критерий оценивания результатов тестирования**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Баллы, %*** | ***Оценка*** |
| *93-100* | *Отлично* |
| *71-92* | *Хорошо* |
| *51-70* | *Удовлетворительно* |
| *31-50* | *Неудовлетворительно* |
| *0-30* | *Плохо* |

В случае, если при текущем контроле успеваемости в любой форме (контрольная работа, тест) студент получил оценку ниже «удовлетворительно», он может произвести работу над ошибками и сдать преподавателю переделанные задания на повторную проверку вплоть до промежуточной аттестации в форме зачета.

По результатам промежуточной аттестации проставляются оценки «Зачтено» (соответствует уровням оценки компетенций «удовлетворительно» и выше) и «Не зачтено» (соответствует уровням оценки компетенций «плохо» и «неудовлетворительно»).

Оценка «**зачтено**» ставится, если

1. Студент получил оценку не ниже «удовлетворительно» за выполнение домашней и аудиторной контрольных работ;
2. Студент получил оценку не ниже «удовлетворительно» по результатам тестирования;
3. Студент успешно защитил проект (разработанный программный комплекс работает без грубых ошибок, студент отвечает на большинство вопросов преподавателя при сопутствующем защите опросе);
4. Студент отвечает на зачете на вопросы преподавателя по материалу курса без грубых ошибок.

Оценка «**не зачтено**» ставится, если нарушено хотя бы одно из условий, приведенных выше.

* 1. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций

Для **текущего** контроля успеваемости используются следующие процедуры:

Результаты обучения в виде знаний оцениваются во время аудиторных семинарских занятий путем устного опроса в форме собеседования, письменного опроса в форме тестирования, экспресс-опроса при текущем контроле выполнения проекта.

Результаты обучения в виде умений и владений оцениваются путем устного опроса в форме собеседования, проверки домашних и аудиторных контрольных работ, письменного опроса в форме тестирования, проверки корректности программы (реализованной в рамках проектной работы) при текущем контроле выполнения проекта.

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – **зачет**. На зачете студент защищает выполненный проект и отвечает на вопросы преподавателя по материалу дисциплины.

Результаты обучения в виде знаний на зачете оцениваются путем опроса, сопутствующего защите проекта, и обзорного опроса по материалу дисциплины.

Результаты обучения в виде умений и владений на зачете оцениваются путем проверки корректности программы (реализованной в рамках проектной работы).

* 1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

**Список вопросов к зачету:**

|  |
| --- |
| 1. Потоки событий как элемент системы массового обслуживания. |
| 1. Три классических способа описания потока случайных событий. |
| 1. Рекуррентные и квазирекуррентные потоки. Примеры. Свойства. |
| 1. Пуассоновский поток. Свойства. Примеры. |
| 1. Свойство «отсутствие старения» показательного распределения. Локальная предельная теорема Пуассона в применении к образованию пуассоновских потоков. |
| 1. Гипотеза случайности. Интерпретация гипотезы в применении к потокам событий. |
| 1. Способы проверки гипотезы случайности. Фазово-частотный критерий Валлиса–Мура. |
| 1. Способы проверки гипотезы случайности. Инверсионный критерий. |
| 1. Способы проверки гипотезы случайности. Критерий серий, основанный на медиане выборки. |
| 1. Гипотеза о виде распределения. Критерии согласия. |
| 1. Критерий хи-квадрат Пирсона. Метод минимума хи-квадрат. |
| 1. Механизм образования пачки событий в потоке на примере транспортных пачек. |
| 1. Вывод системы линейных дифференциальных уравнений для поиска распределения числа требований в пачке (на примере транспортной пачки). |
| 1. Стационарный режим. Стационарное распределения числа требований в пачке. |
| 1. Неординарный пуассоновский поток. Его одномерные распределения и свойства. |
| 1. Числовые характеристики считающего процесса для неординарного пуассоновского потока. |
| 1. Метод производящих функций для поиска числовых характеристик. |
| 1. Нелокальное описание потока событий. |
| 1. Способы разбиения потоков событий на пачки. |
| 1. Теорема о суперпозиции пуассоновских потоков с доказательством. |
| 1. Теорема о суперпозиции неординарных пуассоновских потоков с доказательством. |
| 1. Теорема о «раскраске» с доказательством. |
| 1. Марковизируемые потоки событий. Примеры. |
| 1. MAP–потоки. MMP–потоки. |
| 1. Полумарковские потоки. Примеры. |

**Проектные задания**

**Замечание:** Проект используется для оценивания результатов обучения в виде умений У1(ОПК3), владений В1(ОПК3) формирования компетенции ОПК-3, знаний З3(ПК2), умений У1(ПК2) формирования компетенции ПК-2, умений У1(ПК7), владений В1(ПК7) формирования компетенции ПК-7

**Цель проекта** – обобщить знания, полученные в течение изучения дисциплины, отработать приобретенные умения и навыки анализа реальных потоков событий.

**Задача проекта** – представить адекватную модель для исследуемого потока событий.

**Текст задания:**

Получить вариант от преподавателя. Ознакомиться с данными исследуемого потока событий. Разработать компьютерную программу для статистического анализа данных исследуемого потока. Программа должна включать в себя следующие функциональности:

1. Три основных алгоритма для проверки гипотезы случайности (фазово-частотный критерий Валлиса-Мура, инверсионный критерий, критерий серий, основанный на медиане выборки).
2. Три алгоритма разбиения потока на пачки.
3. (опционально) Алгоритмы проверки согласия данных с экспоненциальным распределением.
4. (опционально) Алгоритмы оценки неизвестного параметра экспоненциального распределения и параметров распределения для количества событий в пачке.

Осуществить анализ данных исследуемого потока с помощью разработанной программы:

1. Установить, является ли поток рекуррентным.

2. Найти наиболее оптимальное (с точки зрения квазирекуррентности) разбиение потока на пачки событий. Вывести нелокальное описание исследуемого потока.

3. (опционально) Проверить гипотезу о экспоненциальном распределении для интервалов между событиями исходного потока и интервалов между пачками в потоке при его нелокальном описании.

4. (опционально) Оценить по имеющимся данным неизвестные параметры распределений, возникших в результате анализа.

**Типовые вопросы для устного опроса   
при защите проектного задания**

1. Какие программные средства были использованы при разработке программы?
2. Опишите структуру разработанной программы. Какие структуры хранения используются в программе?
3. Является ли исследуемый поток рекуррентным? На основании чего произведен такой вывод?
4. Является ли поток квазирекуррентным? На основании чего произведен такой вывод?
5. Какие гипотезы о виде распределения интервалов между событиями (пачками событий) следует выдвигать и проверять?
6. Какие гипотезы о виде распределения количества событий в пачке следует выдвигать и проверять?
7. Предложите содержательный механизм образования пачек событий в исследуемом потоке.
8. Предложите систему массового обслуживания, входным потоком которой мог бы быть исследуемый поток.
9. Обозначьте дальнейший план исследований при построении адекватной математической модели исследуемого потока.

**Типовые вопросы для собеседования   
(текущий контроль успеваемости)**

**Замечание:** Собеседование проводится для оценивания результатов обучения в виде умений У1(ОПК3) формирования компетенции ОПК-3, знаний З1(ПК2), З2(ПК2), З3(ПК2) формирования компетенции ПК-2

1. Укажите основные элементы системы массового обслуживания.
2. Приведите примеры случайных потоков событий.
3. Дайте определение случайного процесса.
4. Дать определение пуассоновскому потоку. Привести примеры и свойства такого потока.
5. Обосновать распространенность модели пуассоновских потоков в приложениях.
6. Предложить модель для следующих потоков: а) потоков отказов электронно-вычислительного устройства; б) поток катастроф в наблюдаемой местности; в) поток клиентов в кассу супермаркета; г) поток ошибок, совершаемых человеком при выполнении монотонной деятельности; д) поток машин, переезжающих через фиксированный перекресток в течение одних суток; е) поток вызовов, поступающих на телефонную станцию.
7. Привести примеры марковизируемых потоков событий, встречающихся в повседневной жизни.

**Типовые контрольные задачи   
(текущий контроль успеваемости)**

**Замечание:** Контрольные работы используются для оценивания результатов обучения в виде умений У1 (ОПК3), владений В1(ОПК3) формирования компетенций ОПК-3, а также умений У1(ПК2) формирования компетенции ПК-2

**Задача 1.** Проверить гипотезу случайности

а) с применением инверсионного критерия,

б) с применением фазово-частотного критерия Валлиса-Мура

для следующих данных: 315, 986, 46, 736, 413, 1002, 509, 129, 125, 843, 447, 951, 515, 814, 152, 296, 18, 53.

**Задача 2.** Найти эксцесс для числа событий, происходящих в пуассоновском потоке с параметром λ = 0.11 на интервале [0, t).

**Типовые тестовые задания   
(текущий контроль успеваемости)**

1. Тип – одиночный выбор.  
   Квазирекуррентным потоком называется:  
   а) поток, у которого интервалы между произвольными требованиями одинаково распределены;

б) процесс с независимыми сечениями;

**в) поток, у которого интервалы между соседними требованиями независимы и, начиная со второго, одинаково распределены;**

г) поток, у которого интервалы между соседними требованиями независимы и распределены по равномерному закону.

1. Тип – множественный выбор.  
   Свойством отсутствия старения (Марковским свойством) не обладают следующие распределения:

**а) нормальное распределение;**

**б) биномиальное распределение;**

в) показательное распределение;

**г) пуассоновское распределение.**

1. Тип – одиночный выбор.  
   К классическим способам описания произвольного потока событий не относится:

**а) {π*i,j*; *i* < *j*, *i*, *j* = 0, 1, …}, где π*i,j* – интервал между наступлениями *i*-ого и *j*-ого событий;**

б) {Δ*i*; *i* = 1, 2, …}, где Δ*i* – интервал между наступлениями *i*-ого и (*i*-1)-ого событий;

в) {τ*i*; *i* = 0, 1, …}, где τ*i* – момент наступления *i*-ого события;

г) {η(*t*): *t* ≥ 0}, где η(*t*) – количество событий, наступивших в промежутке времени [0, *t*).

1. Тип – одиночный выбор.  
   Продолжите утверждение. Суперпозиция m независимых пуассоновских процессов с параметрами λ*i*, *i* = 1, 2, …, m, …

а) является пуассоновским процессом, если λ*i =* λ*j* для любых *i,j* = 1, 2, …, m;

б) не является пуассоновским процессом;

в) является пуассоновским процессом с параметром λ, где λ = (*i\** λ*i*);

**г) является пуассоновским процессом с параметром λ, где λ = λ*i*.**

1. Тип – множественный выбор.  
   Рассматривается механизм образования транспортной пачки. Пусть η (Δt) – число быстрых машин, поступивших в пачку на промежутке времени длины Δt; ξ(t, Δt) – число быстрых машин, обогнавших медленную на промежутке времени [t, t+Δt); ϰ(t) – число машин всех типов в пачке в момент времени t. Тогда для модели пачки ограниченной длины (максимального размера N) можно принять следующие равенства:

а) P(ξ(t, Δt) = 1 | ϰ(t) = N, η (Δt) = 1) = o(Δt); P(ξ(t, Δt) ≥ 2 | ϰ(t) = N, η (Δt) = 1) = o(Δt);

**б) P(ξ(t, Δt) ≥ 2 | ϰ(t) = N, η (Δt) = 0) = o(Δt);**

**в) P(ξ(t, Δt) ≥ 2 | ϰ(t) = N, η (Δt) = 1) = 0; P(ξ(t, Δt) = 1 | ϰ(t) = N, η (Δt) = 1) = 1;**

г) P(ξ(t, Δt) = 0 | ϰ(t) = N, η (Δt) = 1) = o(Δt).

* 1. **Методические материалы, определяющие процедуры оценивания**

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ от 13.02.2014. http://www.unn.ru/site/images/docs/obrazov-org/Formi\_stroki\_kontrolya\_13.02.2014.pdf

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

1. **Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

а) основная литература:

1. Хинчин А.Я. Работы по математической теории массового обслуживания. М.: ГИФМЛ, 1963. — Режим доступа:

<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/probability.htm>

1. [Рыков В. В.](#none) Основы теории массового обслуживания (Основной курс:марковские модели, методы марковизации): Уч.пос. / Рыков В.В., Козырев Д.В.  — Режим доступа:  [http://znanium.com/catalog/product/506207](%20http://znanium.com/catalog/product/506207)
2. Fedotkin, M., Rachinskaya M. Parameters Estimator of the Probabilistic Model of Moving Batches Traffic Flow // Distributed Computer and Communication Networks. Ser. Communications in Computer and Information Science. — 2014. — V. 279. – P. 154–168. URL: <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-05209-0_14>

б) дополнительная литература:

1. Вентцель Е.С. Введение в исследование операций. М.: Советское радио, 1964 — Режим доступа: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/probability.htm>
2. Кремер, Н. Ш. Математическая статистика: учебник и практикум для СПО. — Режим доступа:

<https://biblio-online.ru/book/D2D80C9D-CEBF-4DE9-AF52-B5C737F7CB11>

1. Боровков, А.А. Математическая статистика. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/3810>
2. Кремер Н.Ш. Исследование операций в экономике: учебник для академического бакалавриата / под ред. Н. Ш. Кремера. — 3-е изд., перераб. и доп. — Режим доступа:                                                                                                 
   <https://biblio-online.ru/book/3961E887-EEA2-4B82-9052-630B23FBEE8D>
3. Лифшиц, М.А. Случайные процессы — от теории к практике. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/71720>
4. Кремер, Н. Ш. Теория вероятностей и математическая статистика в 2 ч. Часть 1. Теория вероятностей: учебник и практикум для академического бакалавриата / Н. Ш. Кремер. — 4-е изд., перераб. и доп. — Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/426BE322-E08B-4904-B13E-D01A9872443A>

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Электронно-библиотечная система «Лань». URL: https://e.lanbook.com/
2. Электронно-библиотечная система Znanium.com. URL: http://znanium.com/
3. Электронная физико-математическая библиотека Eqworld. http://eqworld.ipmnet.ru/indexr.htm
4. Электронно-библиотечная система «Юрайт». https://biblio-online.ru
5. Книги SpringerLink. URL: https://link.springer.com/
6. **Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа (оснащенные проектором, ноутбуком, экраном), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ. Доступ к компьютерам с программным обеспечением, достаточным для написания программы анализа данных (компьютерные лаборатории Института или домашние персональные компьютеры с установленным свободно распространяемым ПО). Наличие рекомендованной литературы.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»

Автор (ы): асс. каф. ПРИН Рачинская М.А. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

д.ф.-м.н., доцент каф. ПРИН Зорин А.В. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Рецензент (ы): \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой ПРИН\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ д.т.н., профессор Гергель В.П.

Программа одобрена на заседании методической комиссии Института информационных технологий, математики и механики ННГУ им. Н.И. Лобачевского