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**

|  |
| --- |
| **Теория циклического управления неординарными пуассоновскими потоками** |

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 «Теория циклического управления неординарными пуассоновскими потоками» предназначена для студентов 4-го курса бакалавриата (8 семестр), обучающихся по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», относится к вариативной части ОПОП, дисциплинам по выбору (Б1.В.ДВ.11.05 – дисциплины по выбору). Дисциплина опирается на материал курсов «Вероятностные модели», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Алгебра и геометрия», «Построение и анализ моделей потока случайных событий».

**Цель освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Теория циклического управления неординарными пуассоновскими потоками» являются знакомство с методами построения и анализа моделей управления конфликтными потоками событий, освоение навыков имитационного моделирования системы массового обслуживания на примере системы управления несколькими конфликтными потоками.

**2. 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)*** | ***ЗНАТЬ***  *З1(ОПК3) способы хранения, обработки и анализа информации, описывающей различные элементы сложной системы управления потоками событий и обслуживания их требований;*  *З2(ОПК3) основные принципы имитационного моделирования системы массового обслуживания.*  ***ВЛАДЕТЬ***  *В1 (ОПК3) навыками математического моделирования как всей системы массового обслуживания (системы управления несколькими потоками событий), так и ее отдельных элементов.* |
| ***ПК-2 способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат***  ***(завершающий этап)*** | ***ЗНАТЬ***  *З1 (ПК2) основные элементы системы массового обслуживания, их способы описания и задания;*  *З2 (ПК2) основные понятия теории цепей Маркова;*  *З3 (ПК2) ключевые показатели качества функционирования системы управления потоками событий.*  ***УМЕТЬ***  *У1(ПК2) выделять ключевые связи и отношения между элементами сложной системы и формализовать их на языке математики;*  *У2(ПК2) применять современный математический аппарат для определения условий существования в системе управления конфликтными потоками стационарного режима.* |

**3. Структура и содержание дисциплины «Теория циклического управления неординарными пуассоновскими потоками»**

Объем дисциплины составляет **2** зачетные единицы, всего **72** часа, из которых **31** час составляет контактная работа обучающегося с преподавателем:

**20** часов – занятия лекционного типа,

**10** часов – занятия семинарского типа

**1** час промежуточной аттестации

Самостоятельная работа обучающегося – **41** час.

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 студента**  **часы** | | |
| **Занятия лекц. типа** | **Занятия сем. типа** | **Лаб. работы** | **Всего контактных часов** | **СРС** | |  |  |
| **1. Построение модели системы циклического управления потоками.**  Общая схема системы на примере циклического управления транспортными конфликтными потоками на перекрестке магистралей. Постановка задачи. Кибернетический подход к моделированию управляющей системы. Описание и моделирование элементов системы: входные потоки заявок, очереди ожидания начала обслуживания, стратегия и механизм обслуживания заявок, обслуживающее устройство, алгоритм смены состояний обслуживающего устройства, потоки насыщения, выходные потоки. Моделирование связей между элементами системы. | 18 | 6 | 2 |  | 8 | 10 | |  |  |
| **2. Изучение свойств построенной модели.**  Марковское свойство для построенной математической модели – последовательности трехмерных векторов. Вид пространства состояний цепи Маркова, описывающей динамику изменения состояния системы во времени. Классификация состояний цепи Маркова. Алгоритмы, реализующие возможные переходы фазовой точки по пространству состояний. | 19 | 6 | 2 |  | 8 | 11 | |  |  |
| **3. Условия существования в системе стационарного режима.**  Понятие стационарного режима функционирования системы. Получение необходимых и достаточных условий существования стационарного режима в исследуемой системе. | 16 | 4 | 2 |  | 6 | 10 | |  |  |
| **4. Численное исследование системы циклического управления потоками.**  Принципы имитационного моделирования. Понятие загрузки системы. Ключевые характеристики и показатели качества функционирования системы. Получение оценок для показателей качества. Поиск оптимального управления системой с точки зрения минимального среднего времени ожидания начала обслуживания произвольной заявки. | 18 | 4 | 4 |  | 8 | 10 | |  |  |
| **В т.ч. текущий контроль** | 2 |  |  |  |  |  | |  |  |
| **Промежуточная аттестация - Зачет**. |  |  |  |  |  |  | |  |  |

**4. Образовательные технологии**

Основной формой обучения дисциплине «Теория циклического управления неординарными пуассоновскими потоками» являются занятия лекционного и семинарского типа (практические занятия). На лекциях раскрывается основной теоретический материал курса, происходит знакомство с методологией математического и имитационного моделирования систем массового обслуживания на примере модели транспортного перекрестка с циклическим управлением. На практических семинарских занятиях происходит освоение теоретического материала в процессе решения различных заданий.

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 и проектных заданий.

**5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

**5.1. Виды самостоятельной работы студентов:**

1. Ознакомление с теоретическим материалом по источникам, указанным в списке литературы;
2. Решение домашних контрольных работ;
3. Выполнение проекта;
4. 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.

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

1. Федоткин М.А. Модели в теории вероятностей. — Учебник. М.: Наука–Физматлит, 2012. – 608 с. – 196 экз.
2. [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

**6. 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 |
| **ЗНАТЬ**  З1(ОПК3) способы хранения, обработки и анализа информации, описывающей различные элементы сложной системы управления потоками событий и обслуживания их требований;  З2(ОПК3) основные принципы имитационного моделирования системы массового обслуживания.  **ВЛАДЕТЬ**  В1 (ОПК3) навыками математического моделирования как всей системы массового обслуживания (системы управления несколькими потоками событий), так и ее отдельных элементов. | Отсутствие знаний материала, полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией. | Плохой уровень формирования компетенции.  «Плохо» |
| Наличие грубых ошибок в основном материале, отсутствие навыков, предусмотренных данной компетенцией. | Неудовлетворительный уровень формирования компетенции.  «Неудовлетворительно» |
| **Знать** З1-З2, частично. **Владеть** некоторыми основными навыками, демонстрируя их для отдельных элементов составных систем. | Удовлетворительный уровень формирования компетенции.  «Удовлетворительно» |
| **Знать** З1-З2, в основном. **Владеть** основными навыками, демонстрируя их для отдельных элементов составных систем. | Хороший уровень  формирования компетенции.  «Хорошо» |
| **Знать** З1-З2, в основном. **Владеть** основными навыками, демонстрируя их для отдельных элементов составных систем и систем в целом. | Очень хороший уровень  формирования компетенции.  «Очень хорошо» |
| **Знать** основной материал, предусмотренный компетенцией, без ошибок и погрешностей. **Владеть** всеми навыками, демонстрируя их в стандартных задачах. | Отличный уровень  формирования компетенции.  «Отлично» |
| **Знать** основной и дополнительный материал без ошибок и погрешностей. Свободно **Владеть** всеми навыками, демонстрируя их в стандартных и нестандартных задачах. | Превосходный уровень  формирования компетенции.  «Превосходно» |

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

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Индикаторы компетенции | Критерии оценивания (дескрипторы) | Шкала оценивания |
| **ЗНАТЬ**  З1 (ПК2) основные элементы системы массового обслуживания, их способы описания и задания;  З2 (ПК2) основные понятия теории цепей Маркова;  З3 (ПК2) ключевые показатели качества функционирования системы управления потоками событий.  **УМЕТЬ**  У1(ПК2) выделять ключевые связи и отношения между элементами сложной системы и формализовать их на языке математики;  У2(ПК2) применять современный математический аппарат для определения условий существования в системе управления конфликтными потоками стационарного режима. | Отсутствие знаний материала, полное отсутствие умений, предусмотренных компетенцией. | Плохой уровень формирования компетенции.  «Плохо» |
| Наличие грубых ошибок в основном материале, отсутствие умений, предусмотренных данной компетенцией. | Неудовлетворительный уровень формирования компетенции.  «Неудовлетворительно» |
| **Знать** некоторые основные понятия, схемы организации сложных систем и терминологию, предусмотренные компетенцией. **Уметь** У1 с погрешностями. | Удовлетворительный уровень формирования компетенции.  «Удовлетворительно» |
| **Знать** З1-З3, в основном. **Уметь** У1 с незначительными погрешностями, У2 с погрешностями. | Хороший уровень  формирования компетенции.  «Хорошо» |
| **Знать** З1-З3, в основном. **Уметь** У1, У2 с незначительными погрешностями. | Очень хороший уровень  формирования компетенции.  «Очень хорошо» |
| **Знать** основной материал, предусмотренный компетенцией, без ошибок и погрешностей. **Уметь** У1, У2 в полном объеме. | Отличный уровень  формирования компетенции.  «Отлично» |
| **Знать** основной и дополнительный материал без ошибок и погрешностей. **Уметь** У1, У2 в полном объеме. | 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-З2(ОПК3), 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-У2(ПК2) | 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) | 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% |

6.2. Описание шкал оценивания

Для оценивания результатов учебной деятельности студентов при изучении дисциплины «Теория циклического управления неординарными пуассоновскими потоками» 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 двух задач:**

|  |  |
| --- | --- |
| **Количество баллов** | **Оценка** |
| 4 | Отлично |
| 3,5 | Очень хорошо |
| 3 | Хорошо |
| 2,5 | Удовлетворительно |
| 1,5-2 | 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.

6.3. 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, проверки домашних и аудиторных контрольных работ, 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).

6.4. 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. Общая схема системы массового обслуживания. |
| 1. Постановка задачи управления несколькими конфликтными потоками заявок. |
| 1. Содержательное и математическое описание элементов системы управления *m* конфликтными потоками: входные потоки, накопители заявок, стратегия обслуживания. |
| 1. Содержательное и математическое описание элементов системы управления *m* конфликтными потоками: обслуживающее устройство, выходные потоки, потоки насыщения. |
| 1. Неординарные пуассоновские потоки: задание, свойства. |
| 1. Потоки насыщения как способ задания времени обслуживания потоков заявок. |
| 1. Кибернетический подход к построению математической модели системы управления. |
| 1. Основные элементы системы управления при описании ее с помощью кибернетического подхода. |
| 1. Нелокальное описание элементов системы управления потоками. |
| 1. Метод вложенных цепей Маркова. |
| 1. Соотношения, связывающие основные величины, характеризующие систему циклического управления потоками. |
| 1. Модель системы циклического управления в виде трехмерной случайной последовательности. |
| 1. Теорема о свойстве Маркова для трехмерной случайной последовательности, описывающей систему циклического управления. |
| 1. Цепи Маркова. Классификация состояний. |
| 1. Однородные цепи Маркова. Матрица переходных вероятностей. |
| 1. Классификация состояний цепи Маркова, описывающей систему циклического управления. |
| 1. Одномерные распределения цепи Маркова, описывающей систему циклического управления. |
| 1. Условия существования стационарного режима в системе циклического управления неординарными пуассоновскими потоками. |
| 1. Метод дискретных событий для построения имитационной модели системы массового обслуживания. |
| 1. Метод дискретных событий в применении к имитационной модели системы управления неординарными пуассоновскими потоками. |

**Проектные задания**

**Замечание:** Проект используется для оценивания результатов обучения в виде знаний З1(ОПК3), З2(ОПК3), владений В1(ОПК3) формирования компетенции ОПК-3, а также умений У1(ПК2) формирования компетенции ПК-2

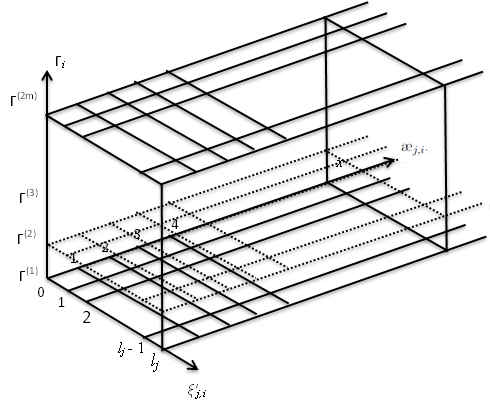
**Цель проекта** – обобщить знания по теории цепей Маркова, полученные в течение изучения дисциплины, отработать приобретенные умения и навыки.

**Задача проекта** – представить наглядную модель цепи Маркова, описывающей систему автоматического циклического управления пуассоновскими потоками.

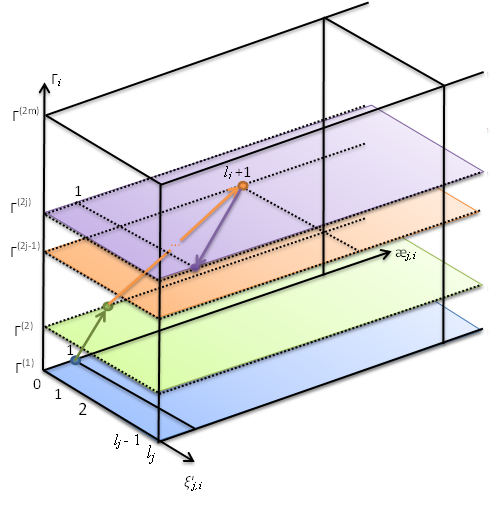
**Текст задания:**

Получить вариант от преподавателя. Ознакомиться с данными исследуемой системы. Разработать компьютерную программу, включающую в себя следующие функциональности:

1. Программа дает графическое представление трехмерного пространства состояний цепи Маркова {(Г*i*, κ*j,i*, ξ*j,i*-1); *i* = 0,1,…}, где Г*i* – состояние обслуживающего устройства на промежутке [τ*i*, τ*i*+1), κ*j,i* – количество заявок *j*-го потока в очереди ожидания начала обслуживания в момент τ*i*, ξ*j,i*-1 ‒ число заявок *j*-го потока, покинувших систему на промежутке [τ*i*, τ*i*+1). Например, в следующем виде:



1. Для произвольного начального и конечного состояний цепи Маркова, введенных с клавиатуры, программа дает графическое представление как минимум двух возможных соединяющих их цепочек перехода с указанием вероятностей таких цепочек. Например, в следующем виде:



1. Для каждого введенного состояния программа указывает, является ли данное состояние существенным.

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

1. Опишите структуру разработанной программы. Какие структуры хранения используются в программе?
2. Опишите исследуемую систему. Нарисуйте схему данной системы, укажите ее основные элементы.
3. Дайте классификацию состояний цепи Маркова, являющейся моделью данной системы.
4. Для построенных цепочек переходов, соединяющих два введенных состояния, укажите более вероятную. С чем это связано?

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

**Замечание:** Собеседование проводится для оценивания результатов обучения в виде знаний З2(ОПК3) формирования компетенции ОПК-3, знаний З1(ПК2), З2(ПК2), З3(ПК2), умений У1(ПК2), У2(ПК2) формирования компетенции ПК-2

1. Приведите примеры конфликтных входных потоков в реальных системах обслуживания. Укажите свойства неординарных пуассоновских потоков.
2. Приведите примеры систем управления конфликтными потоками. В каких случаях обращаются к циклическому управлению без обратной связи?
3. Согласно кибернетическому подходу выделите в системе циклического управления конфликтными потоками схему, информацию, координаты и функцию.
4. Расскажите идею и область применения метода вложенных цепей Маркова.
5. Дайте классификацию состояниям однородной цепи Маркова.
6. Обоснуйте необходимость применения имитационного моделирования в исследованиях систем массового обслуживания на примере системы автоматического управления транспортными потоками на перекрестке.
7. Метод дискретных событий для построения имитационной модели системы обслуживания клиентов на многоканальных кассах в крупном супермаркете.
8. Перечислите основные показатели качества функционирования системы массового обслуживания.
9. Условия существования стационарного режима для циклической системы управления транспортными потоками на перекрестке. Условия существования стационарного режима для системы M|M|1|∞.

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

**Замечание:** Контрольные работы используются для оценивания результатов обучения в виде знаний З1(ОПК3), З2(ОПК3) и владений В1(ОПК3) формирования компетенций ОПК-3, а также умений У1(ПК2) формирования компетенции ПК-2

**Задача 1.** Согласно кибернетическому подходу выделите (где возможно) схему, информацию, координаты и функцию для следующей управляющей системы: *система* *обслуживания клиентов отделения почты*. В схеме укажите (где возможно) полюса, внешнюю и внутреннюю память, устройства по переработке информации памяти, внешняя среда.

**Задача 2.** Согласно кибернетическому подходу выделите (где возможно) схему, информацию, координаты и функцию для следующей управляющей системы: *терминал для выдачи наличных денег по карте*. В схеме укажите (где возможно) полюса, внешнюю и внутреннюю память, устройства по переработке информации памяти, внешняя среда.

**Задача 3.** Пусть матрица переходных вероятностей цепи Маркова с тремя состояниями имеет вид



Найти распределение по состояниям в момент *t* = 3, если начальное распределение определяется вектором (0.45, 0.55, 0). Найти стационарное распределение.

**Задача 4.** Докажите, что последовательность векторов , где – состояние обслуживающего устройства на промежутке , – количество заявок потока в очереди ожидания начала обслуживания в момент , ‒ число заявок потока , покинувших систему на промежутке , есть однородная цепь Маркова.

* 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.

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

а) основная литература:

1. Федоткин М.А. Модели в теории вероятностей. — Учебник. М.: Наука–Физматлит, 2012. ‒ 608 с. – 196 экз.
2. Зорин А.В., Зорин В.А., Федоткин М.А. Теория управляемых систем массового обслуживания: Учебное пособие. — Н.Новгород: Издательство Нижегородского университета, 2007 г. — 47 с. – 40 экз.

б) дополнительная 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.php?bookinfo=506207
2. Вентцель Е.С. Введение в исследование операций. М.: Советское радио, 1964 — Режим доступа: http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/probability.htm
3. Лифшиц, М.А. Случайные процессы — от теории к практике. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/71720

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

**8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, 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. 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\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ М.А. Рачинская

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

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

Заведующий кафедрой ПРИН\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ д.ф.-м.н., проф. В.П. Гергель

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