

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Институт прикладной математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДАЮ
Директор
А.В. Замятин
«16» _____ 2023 г.

Рабочая программа дисциплины

Математические модели телекоммуникационных потоков

по направлению подготовки

01.04.02 Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки:

Обработка данных, управление и исследование сложных систем

Форма обучения

Очная

Квалификация

Магистр

Год приема

2023

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.01.01

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

Алек Л.А. Нежелская

Председатель УМК

С.П. С.П. Сущенко

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ПК-1. Способен изучить работу системы и подсистем, выявить требования к функциям системы и подсистем, обрабатывать запросы на изменения к функциям системы и подсистем.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК-1.1 Осуществляет декомпозицию системы на подсистемы.

ИПК-1.2 Строит математическую модель системы или подсистемы, вводит целевую функцию системы или подсистемы, строит ограничения, соответствующие требованиям к системе или подсистеме.

ИПК-1.3 Модернизирует математическую модель системы или подсистемы на изменение требований к системе или подсистеме.

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить основные цифровые инструменты, необходимые для поиска и анализа информации, научных публикаций, для оценивания современного состояния научной проблематики моделирования потоков в телекоммуникационных системах.

– Изучить основные классы математических моделей коррелированных потоков событий.

– Научиться применять известные аналитические методы исследования потоков.

– Научиться проводить анализ основных результатов, полученных для потоков событий.

3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Математические модели телекоммуникационных потоков» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины», входит в модуль «Специализация».

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Семестр 2, экзамен.

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: теория вероятностей, теория случайных процессов, теория массового обслуживания.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

– лекции: 16 ч.;

– семинарские занятия: 0 ч.

– практические занятия: 16 ч.;

– лабораторные работы: 0 ч.

в том числе практическая подготовка: 0 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Раздел 1. Полумарковские потоки событий.

Тема 1. Введение в теорию потоков событий.

Исторический обзор по становлению и развитию теории потоков случайных событий. Потоки событий в современных телекоммуникационных системах и сетях.

Тема 2. Определение основных понятий теории случайных процессов.

Определение и описание случайного процесса. Стационарные случайные процессы. Эргодические случайные процессы. Статистические средние характеристики и функция корреляции случайных процессов.

Тема 3. Полумарковские процессы в теории телекоммуникационных потоков.

Определение основных понятий теории полумарковских процессов. Классификация полумарковских процессов.

Тема 4. Методы исследования полумарковских процессов.

Метод дополнительной переменной для исследования процесса марковского восстановления. Исследование полумарковского процесса методом дополнительной переменной $y(t)$. Метод дополнительных переменных $z(t)$ и $s(t)$ исследования полумарковского процесса.

Раздел 2. Исследование МАР и ММР потоков.

Тема 1. Основные понятия теории массового обслуживания.

Модели и обозначения. Марковские, полумарковские и немарковские модели систем массового обслуживания.

Тема 2. Теория потоков событий.

Определение и терминология. Классификация специальных потоков однородных событий. Потоки восстановления. Основное свойство рекуррентных потоков.

Тема 3. Исследование МАР-потока методом интегральных преобразований.

Тема 4. Исследование МАР-потока асимптотическим методом в различных предельных условиях.

Тема 5. Исследование полумарковского потока асимптотическим методом в различных предельных условиях.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, тестов по лекционному материалу, выполнения домашних заданий.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен во втором семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из трех частей. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Первая часть два вопроса, проверяющих ИПК-1.1 и ИПК-1.2. Ответы на вопрос первой части даются в развернутой форме.

Вторая часть содержит две задачи, проверяющих ИПК-1.3. Ответы на вопросы второй части предполагают решение задач и краткую интерпретацию полученных результатов.

Примерный перечень теоретических вопросов

1. Вопрос 1. Определение основных понятий теории полумарковских процессов.

2. Вопрос 2. Классификация полумарковских процессов.

3. Вопрос 3. Методы исследования полумарковских процессов. Метод дополнительной переменной для исследования процесса марковского восстановления

4. Вопрос 4. Исследование полумарковского процесса методом дополнительной переменной $y(t)$.

5. Вопрос 5. Метод дополнительных переменных $z(t)$ и $s(t)$ исследования полумарковского процесса

6. Вопрос 6. Теория потоков событий. Классификация специальных потоков однородных событий.

7. Вопрос 7. Исследование МАР-потока методом интегральных преобразований.

8. Вопрос 8. Исследование МАР-потока асимптотическим методом в различных предельных условиях.

9. Вопрос 9. Исследование полумарковского потока событий методом интегральных преобразований.

10. Вопрос 10. Исследование полумарковского потока асимптотическим методом в различных предельных условиях.

Примеры задач:

1. Задача 1.

Задана полумарковская матрица. Записать матрицу условных функций распределения времени пребывания полумарковского процесса в трех состояниях.

2. Задача 2.

Даны матрицы

а)

$$\Phi(u) = \begin{bmatrix} 1 & 0.2\left(1-\frac{iu}{3}\right)^{-2} & 0.4\left(1-\frac{iu}{3}\right)^{-3} \\ 0.7\left(1-\frac{iu}{5}\right)^{-5} & 0.1\left(1-\frac{iu}{10}\right)^{-5} & 0.2\left(1-\frac{iu}{10}\right)^{-10} \\ 0.5\left(1-\frac{iu}{6}\right)^{-3} & 0.2\left(1-\frac{iu}{6}\right)^{-6} & 0.3\left(1-\frac{iu}{2}\right)^{-1} \end{bmatrix},$$

б)

$$\Phi(u) = \begin{bmatrix} 0.5\left(\frac{2}{2-iu}\right) & 0.2\left(\frac{2}{2-iu}\right) & 0.3\left(1-\frac{iu}{2}\right)^{-1} \\ 0.5\left(\frac{3}{3-iu}\right) & 0.3\left(\frac{3}{3-iu}\right) & 0.2\left(\frac{3}{3-iu}\right) \\ 0.5\left(1-\frac{iu}{5}\right)^{-1} & 0.4\left(\frac{5}{5-iu}\right) & 0.1\left(\frac{5}{5-iu}\right) \end{bmatrix},$$

в)

$$\Phi(u) = \begin{bmatrix} 0.5\left(\frac{5}{2-iu}\right) & 0.6\left(\frac{2}{2-iu}\right) \\ 0.3\left(\frac{6}{6-iu}\right) & 0.5\left(\frac{4}{2-iu}\right) \end{bmatrix}.$$

Являются ли они матрицами преобразования Фурье-Стилтьесса для полумарковских процессов. Если да, то определите вид процесса и запишите для него полумарковскую матрицу.

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Текущий контроль фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Оценка «отлично» ставится в случае демонстрации студентами высокого уровня знаний моделей полумарковских процессов и специальных потоков, их особенностей и методов их исследования, умения составить систему ДУ Колмогорова для любой модели, предложить оптимальный метод ее решения, применения метода асимптотического анализа, получения конечных характеристик исследуемой модели, умения реализовать численные расчеты найденных характеристик и сделать верные практические выводы.

Оценка «хорошо» ставится в случае, если студент демонстрирует в целом успешное, но содержащее отдельные ошибки владение знаниями моделей полумарковских процессов и специальных потоков, умение составить систему ДУ Колмогорова для любой модели, предложить оптимальный метод ее решения, применение метода асимптотического анализа, получение конечных характеристик исследуемой модели, умение реализовать численные расчеты найденных характеристик и сделать верные практические выводы.

Оценка «удовлетворительно» ставится в случае, если студент демонстрирует частичное, фрагментарное владение знаниями моделей полумарковских процессов и специальных потоков, умение составить систему ДУ Колмогорова для любой модели, предложить метод ее решения, применение метода асимптотического анализа, умение реализовать численные расчеты найденных характеристик

Оценка «удовлетворительно» ставится в случае, если студент демонстрирует низкий уровень знаний моделей полумарковских процессов и специальных потоков, неумение составить систему ДУ Колмогорова для любой модели, незнание никакого метода исследования ни одной моделирования.

11. Учебно-методическое обеспечение

- а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=00000>
- б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

- а) основная литература:
 - Рыков В.В., Козырев Д.В. Основы теории массового обслуживания – М.: ИНФРА-М, 2016. – 400 с.
 - Кирпичников А.П. Методы прикладной теории массового обслуживания – Казань: Казанский университет. 2011 – 211 с.
 - Назаров А.А., Терпугов А.Ф. Теория массового обслуживания Томск: Изд-во НТЛ 2010, 228 с.
 - Булинский А.В., Ширяев А.Н. Теория случайных процессов. – М.: Физматлит, 2005, 402 с.
- б) дополнительная литература:
 - Гнеденко Б.В., Хинчин А.Я. Элементарное введение в теорию вероятностей – М.: ЛИБРОКОМ, 2014 – 168 с.
 - И. Р. Гарайшина, С. П. Моисеева, А. А. Назаров Методы исследования коррелированных потоков и специальных систем массового обслуживания Томск: Изд-во НТЛ 2010, 204 с.
 - Г.П. Башарин. Лекции по математической теории телетрафика: Учеб. пособие. Изд. 3-е, испр. и доп. – М.: РУДН. 2009. – 2009. – 342 с.
- в) ресурсы сети Интернет:

- Научная электронная библиотека – <https://www.elibrary.ru/>
- Международные научные базы цитирования <https://www.scopus.com/> и <https://www.webofknowledge.com/>

Тематические научные журналы:

- Mathematics (<https://www.mdpi.com/journal/mathematics>)
- Queueing Systems (<https://www.springer.com/journal/11134>)
- Автоматика и телемеханика (<http://ait.mtas.ru/ru>)
- Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science (<https://journals.rudn.ru/miph>)
- Reliability: Theory & Applications (<https://gnedenko.net/Journal>)

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
- публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).
- публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).
- инструменты видео-конференций (Adobe Connect, Яндекс.Телемост, Zoom, Voov)
- онлайн-доски Jamboard, Miro, SBoard,
- вспомогательные цифровые инструменты для образовательного процесса (Mentimeter, Yandex Forms, Overleaf, PDF-XChange Viewer, Яндекс.Контекст)

б) информационные справочные системы:

- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
- Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешенном формате («Актру»).

15. Информация о разработчиках

Пауль Светлана Владимировна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры теории вероятностей и математической статистики ИПМКН ТГУ

Шкленник Мария Александровна, ассистент кафедры теории вероятностей и математической статистики ИПМКН ТГУ