

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

« 06 » август 20 22 г.

Рабочая программа дисциплины

Теория телетрафика

по направлению подготовки

02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии

Направленность (профиль) подготовки:

Иммерсивные технологии, техническое зрение и видеоаналитика

Форма обучения

Очная

Квалификация

Магистр

Год приема

2022

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.ДВ.01.02.01

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП


А.В. Замятин

Председатель УМК


С.П. Сущенко

Томск – 2022

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

Начало XXI века ознаменовалось достаточно широким внедрением беспроводных сенсорных сетей, представляющих собой первые самоорганизующиеся сети, которые начали использоваться на сетях связи общего пользования. Множество научно-исследовательских работ в этой области, появление стандартов Международного союза электросвязи, успешное внедрение пилотных проектов способствовали тому, что в начале второго десятилетия XXI века эти работы были продолжены уже в направлении создания и внедрения концепции Интернета вещей. Концепция Интернета вещей, технологической основой которой во многих ее приложениях и стали беспроводные сенсорные сети, подразумевает прежде всего принципиальное изменение количественных характеристик сети. Включение вещей, и физических, и виртуальных, в клиентскую базу сетей связи приводит к необходимости решения проблем построения сетей связи, в которых число терминалов сети будет исчисляться триллионами, в отличие от существующих традиционных сетей, принципы построения которых ориентировались на миллиардную клиентскую базу. Такое количественное изменение в области сетей связи привело потребовало пересмотра основных подходов к разработке и исследованию моделей и методов построения сетей, многие из которых были опробованы на этапе внедрения беспроводных сенсорных сетей.

В рамках дисциплины происходит обучение математическому аппарату теории массового обслуживания для анализа и количественной оценки процессов обслуживания информационных потоков в системах распределения информации (системах телетрафика) в том числе для описания процессов передачи данных в IoT, БПЛА, а также смежных сквозных технологий.

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

–УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий.

– ПК-4. Способен управлять получением, хранением, передачей, обработкой больших данных.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК-4.2. Использует методы и инструменты получения, хранения, передачи, обработки больших данных.

ИПК-4.1. Осуществляет мониторинг и оценку производительности обработки больших данных.

ИПК-4.3. Разрабатывает предложения по повышению производительности обработки больших данных.

ИУК-1.3. Предлагает и обосновывает стратегию действий с учетом ограничений, рисков и возможных последствий.

ИУК-1.2. Осуществляет поиск, отбор и систематизацию информации для определения альтернативных вариантов стратегических решений в проблемной ситуации.

ИУК-1.1. Выявляет проблемную ситуацию, на основе системного подхода осуществляет её многофакторный анализ и диагностику.

Актуализация индикаторов согласно требованиям вуза указана в ОС.

2. Задачи освоения дисциплины

1. Изучить теоретические, математические и алгоритмические основы реализации и применения теории массового обслуживания в современных инфокоммуникационных сетях и системах.

2. Приобрести знания по основным понятиям разделов теории массового обслуживания: описания моделей систем массового обслуживания различных типов; анализ систем с произвольным распределением времени обслуживания; расчет необходимого числа соединительных линий; анализ систем массового обслуживания с приоритетами; приобретение навыков постановок и решения прикладных задач.
3. Освоить основные цифровые инструменты, необходимых для поиска и анализа информации, научных публикаций, для оценивания современного состояние научной проблематики моделирования инфокоммуникационных систем .
4. Освоить основные цифровые инструменты, необходимые вычисления основных характеристик сетей связи МСД и организации проектно-научной деятельности.

3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор. Дисциплина входит в модуль Академический модуль.

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

Первый семестр, экзамен

5. Входные требования для освоения дисциплины

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

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: 0 ч.;
- лабораторные работы: 32 ч.

в том числе практическая подготовка: 0 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Раздел 1. Краткий исторический обзор развития теории телетрафика. (6 часов)

Тема 1. Определение, предмет и задачи теории телетрафика.

Тема 2. Проблематика и современные вызовы теории телетрафика

- Концепция Интернета вещей, как новое направление развития сетей, систем и устройств телекоммуникаций.
- Концепция Тактильного Интернета.
- Эволюция задержек в сетях и системах связи.
- Эволюция требований к скорости передачи.
- Новый вид сетей связи общего пользования — летающие сенсорные сети (VANET, FANET)

Раздел 2. Основные положения теории телетрафика (24 часа)

Тема 1. Модели и алгоритмы, используемые для оценки характеристик передачи трафика и данных в сетях и системах связи.

Тема 2. Анализ основных этапов, из которых состоит стандартное исследование в области теории телетрафика: построение функциональной модели рассматриваемого объекта, формулировка предположений о характере поступления и обслуживания информационных сообщений, выбор метрики для оценки показателей качества предоставления инфокоммуникационных сервисов.

Раздел 3. Классификация алгоритмов обслуживания заявок в СМО.(36 часов)

Тема 1. Потоки заявок Нестационарный и неординарный пуассоновские потоки. Потоки с простым последствием. Симметричный и примитивный потоки.

Тема 2. Классификация алгоритмов обслуживания заявок в СМО. Классификация Кендалла-Башарина. Основные понятия качества обслуживания

Тема 3. Основные модели обслуживания трафика (среди них модели: Эрланга, Энгсета, с групповым поступлением заявок, с ограниченным доступом, с резервированием, с учётом повторных вызовов и т.д.).

Тема 4. Основные методы исследования и алгоритмы расчета характеристики для классических моносервисных конструкций, а также их мультисервисных аналогов (результаты Эрланга, Поллачека-Хинчина)

Тема 5. Интерпретация параметров и характеристик моделей, позволяющей использовать полученные результаты для решения задач анализа и планирования сетей связи

Раздел 4. Модели современных ИКС в виде систем и сетей массового обслуживания

Тема 1. Летающая сенсорная сеть как система и сеть массового обслуживания

Тема 2. Рой БПЛА как сеть массового обслуживания

Тема 3. Модели доставки данных в сеть связи общего пользования на базе беспилотных летательных аппаратов

Тема 4. Модель фрагмента летающей сенсорной сети для передачи данных на большие расстояния

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль осуществляется в виде проверки выполнения учебных и домашних заданий. Текущий контроль успеваемости по теоретическому материалу осуществляется в виде тестов и коллоквиумов.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Итоговая оценка по предмету (экзамен) выставляется на основе оценки компетенций, согласно таблице:

Вид работы	Удельный вес	Критерии оценки
Расчетные-графические работы	25	от 0-5 баллов за выполнение работы (максимум 25 баллов)
Коллоквиум	20	от 0-20 баллов
Тест	20	от 0-20 баллов
Реферат	10	от 0-20 баллов
Экзамен	25	от 0-20 баллов

Итоговая оценка по предмету (экзамен) выставляется следующим образом:

- «отлично» – студент выполнил набрал не менее 80 первичных баллов и выполнил все лабораторные работы, нет неудовлетворительных оценок за контрольные работы/тесты;

- «хорошо» – студент выполнил от 65 до 80 первичных баллов и выполнил все лабораторные работы, нет неудовлетворительных оценок за контрольные работы;
- «удовлетворительно» – студент выполнил от 50 до 65 первичных баллов и выполнил все лабораторные работы, нет неудовлетворительных оценок за контрольные работы/тесты;
- «неудовлетворительно» – студент не сдал лабораторные работы, не выполнил набрал менее 50 первичных баллов или сдал контрольную работу/тест на «неудовлетворительно».

При сдаче каждой лабораторной работы и контрольной работы проверяются знания и умения по индикаторам всех компетенций дисциплины: ИУК-1.1, ИУК-1.2, ИУК-1.3, ИПК-4.1, ИПК-4.2 и ИПК-4.3.

Во время экзамена студент может повысить свою оценку, сдав заново соответствующую контрольную работу, при условии выполнения остальных требований к оценке.

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:

1. Башарин Г.П. Лекции по математической теории телетрафика: Учебное пособие. М.: РУДН., 2009. , 342с

2. Степанов С.Н. Теория телетрафика: концепции, модели, приложения. Телеком. 2015. – С. 337

3. Рыков, В. В. Основы теории массового обслуживания (Основной курс: марковские модели, методы марковизации) : учебное пособие / В.В. Рыков, Д.В. Козырев. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 223 с

4. Назаров А.А., Терпугов А.Ф. Теория массового обслуживания Томск: Изд-во НТЛ 2010, 228 с.

5. М. Пагано .Модели телетрафика : учеб. пособие / М. Пагано, В.В. Рыков, Ю.С. Хохлов ; под общ. ред. В.В. Рыкова. — М. : ИНФРА-М, 2018. — 178 с.

б) дополнительная литература:

Пономарев, Д. Ю. Теория телетрафика : учеб. пособие / Д. Ю. Пономарев ; СибГУ им. М. Ф. Решетнева. – Красноярск, 2017. – 160 с.

Кирпичников А.П. Методы прикладной теории массового обслуживания Казанский университет 2018, 224 с.

1. Гольдштейн Б. С., Соколов Н. А., Яновский Г.Г. Сети связи. СПб.: «БХВ – Петербург», 2014. – 400 с.

2. Ю.В. Гайдамака. Модели и методы анализа и расчета показателей эффективности беспроводных гетерогенных сетей: Монография / Ю.В. Гайдамака, Э.С. Сопин, И.А. Гудкова, С.Д. Андреев С.Я. Шоргин, К.Е. Самуйлов. – М.: ФИЦ ИУ РАН, 2018. – 71 с.: ил

3. Андреев Ю.С., Третьяков С.Д., Промышленный интернет вещей– СПб: Университет ИТМО, 2019. – 54 с.

4. Вишневский В.М., Дудин А.Н., Клименок В.И. Стохастические системы с коррелированными потоками. Теория и применение в телекоммуникационных сетях. М.: Рекламно-издательский центр "ТЕХНОСФЕРА", 2018. – 564 с.

5. Дудин А.Н., Клименок В.И., Вишневский В.М. The theory of queuing systems with correlated flows. Heidelberg, Germany: Springer, 2020. – 447 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);

– математический пакет программ MathCad

– 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.Контест)

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.

Лаборатории, оборудованные ПК с лицензионной ПО математического пакета MathCad

15. Информация о разработчиках

Моисеева Светлана Петровна, доктор физико-математических, профессор, и.о. зав. кафедрой теории вероятностей и математической статистики НИ Томского государственного университета.

Полховская Анна Васильевна, учебный мастер кафедры теории вероятностей и математической статистики НИИ Томского государственного университета.

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Институт прикладной математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДАЮ

Директор института прикладной
математики и компьютерных наук

_____ А.В. Замятин

«_10_» июня 2022 г.

Фонд оценочных средств по дисциплине

Теория телетрафика

Направление подготовки

02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии

код и наименование направления подготовки

«Математика беспроводных сетей связи и интернета вещей»

наименование профиля подготовки

Томск–2022

ФОС составил(и):

доктор физико-математических, профессор, и.о. зав. кафедрой теории вероятностей и математической статистики

С.П.Моисеева

Рецензент:

д-р техн. наук, профессор,
профессор кафедры теории вероятностей и математической статистики

А.А. Назаров

Фонд оценочных средств одобрен на заседании учебно-методической комиссии института прикладной математики и компьютерных наук (УМК ИПМКН)

Протокол от _____ 20xx г. № _____

Председатель УМК ИПМКН,
д-р техн. наук, профессор

С.П. Сущенко

Фонд оценочных средств (ФОС) является элементом системы оценивания сформированности компетенций у обучающихся в целом или на определенном этапе ее формирования.

ФОС разрабатывается в соответствии с рабочей программой (РП) дисциплины и включает в себя набор оценочных материалов для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

1. Компетенции и результаты обучения, формируемые в результате освоения дисциплины

Компетенция	Индикатор компетенции	Код и наименование результатов обучения (планируемые результаты обучения, характеризующие этапы формирования компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
			Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно

<p>УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий</p>	<p>ИУК-1.1 Выявляет проблемную ситуацию, на основе системного подхода осуществляет её многофакторный анализ и диагностику.</p> <p>ИУК-1.2 Осуществляет поиск, отбор и систематизацию информации для определения альтернативных вариантов стратегических решений в проблемной ситуации.</p> <p>ИУК-1.3 Предлагает и обосновывает стратегию действий с учетом ограничений, рисков и возможных последствий</p>	<p>ОР-1.1.1 обучающийся знает: методы анализа, синтеза и оптимизации структуры телекоммуникационных сетей, многоканальных систем, систем радиосвязи, сотовых сетей связи и составляющих их элементов; основные направления сквозных технологий</p> <p>ОР-1.1.2 Умеет самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения.</p> <p>ОР-1.1.3 Владеет: способностью к самостоятельному обучению новым методам исследования.</p> <p>ОР-1.2.1 знает: пакеты прикладных программ анализа и синтеза телекоммуникационных систем и сетей.</p> <p>ОР-1.2.2 Умеет: проводить анализ и прогнозирование трафика, показателей качества функционирования и других параметров телекоммуникационных сетей. находить информацию о применении сквозных технологий и примеры использования сетей передачи данных с протоколами множественного случайного доступа (МСД) в отраслях цифровой экономики (в IoT, BigData, БПЛА);</p> <p>ОР-1.2.3 Владеет: навыками изучения методической и научно-популярной литературы в области теории телеграфика в объеме, достаточном для ее использования в учебном процессе и проведения внеаудиторных мероприятий. современными цифровыми инструментами, необходимыми для поиска и анализа информации, научных публикаций</p> <p>ОР-1.3.1 Знает: принципы работы, технические характеристики и конструктивные особенности разрабатываемых и используемых сооружений, оборудования и средств связи; способностью к проектированию, строительству, монтажу и эксплуатации технических средств телекоммуникации, направляющей среды передачи информации.</p> <p>ОР-1.3.2 Умеет: организовать доведение услуг до пользователей услугами связи; быть способным провести работы по управлению потоками трафика и систем в целом;</p> <p>ОР-1.3.3 Владеет: навыками использования методы математического моделирования в процессе исследования и оптимизации параметров отдельных элементов инфокоммуникационных систем</p>	<p>Сформированные систематические знания умения и навыки</p>	<p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания, и в целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками умения и навыки</p>	<p>Общие, но не структурированные знания и, в целом успешное, но не систематические и осуществляемые умения и навыкам</p>	<p>Фрагментарные знания, частично освоенные умения и навыки</p>
--	---	---	--	--	---	---

<p>– ПК-3. Способность производить анализ особенностей функционирования инфокоммуникационных систем и предоставляемых на их основе услуг, оценивать качество предоставляемых услуг и формировать требования к показателям функционирования сервисов ИС в соответствии с запросами и отраслевыми нормами.</p>	<p>ИПК-3.1. Осуществляет выбор методов анализа и обработки данных</p> <p>ИПК-3.2 Оценивает значимость параметров и показателей, характеризующих потребительские свойства услуг, предоставляемых инфокоммуникационной системой</p>	<p>ОР-3.1.1 Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные понятия теории массового обслуживания и виды систем передачи информации; <p>ОР-3.1.2 Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • определять зависимости и значения величин, характеризующих качество обслуживания, от характеристик и параметров входящего потока вызовов; • различать виды входящих потоков и находить их характеристики <p>ОР-3.1.3 Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • способностью к разработке методов анализа систем телекоммуникаций и определению области эффективного их использования <p>ОР-8.2.1 Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методы анализа и прогнозирования развития показателей качества функционирования и ряда других параметров сетей стационарной и мобильной связи <p>ОР-3.2.1 Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основы теории расчета сетей связи и их элементов как систем массового обслуживания; современную методологию анализа вероятностно-временных характеристик телекоммуникационной системы; • приемы исследования моделей телетрафика. <p>ОР-3.2.2 Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • составлять математические модели сетей связи и их элементов как систем телетрафика; проводить анализ вероятностно-временных характеристик систем телетрафика; • проводить анализ и прогнозирование трафика, показателей качества функционирования и других параметров телекоммуникационных сетей. <p>ОР-3.2.3 Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • способностью спланировать и 	<p>Сформированные систематические знания умения и навыки</p>	<p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания, и в целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками умения и навыки</p>	<p>Общие, но не структурированные знания и, в целом успешное, но не систематические и осуществляемые умения и навыки</p>	<p>Фрагментарные знания, частично освоенные умения и навыки</p>
--	---	--	--	--	--	---

2. Этапы формирования компетенций и виды оценочных средств

№	Этапы формирования компетенций (разделы дисциплины)	Код и наименование результатов обучения	Вид оценочного средства (тесты, задания, кейсы, вопросы и др.)
1.	Введение в теорию телетрафика	ОР-1.1.1, ОР-1.1.2, ОР-1.1.3	Вопросы, задания
2.	Основные положения теории телетрафика	ОР-1.2.1, ОР-1.2.2, ОР-1.2.3 ОР-1.3.1, ОР-1.3.2, ОР-1.3.3	Выполнение расчетно-графических работ
3	Классификация алгоритмов обслуживания заявок в СМО	ОР-3.1.1, ОР-3.1.2, ОР-3.1.3 ОР-3.2.1, ОР-3.2.2, ОР-2.3.	Выполнение контрольных заданий (кейс)

3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки образовательных результатов обучения

3.1. Типовые вопросы для проведения текущего контроля успеваемости по дисциплине

Контроль осуществляется в системе Moodle

Теория телетрафика. Часть 1.

Данный тест содержит вопросы и задания по темам: "Случайные величины", "Случайные процессы", "Потоки случайных событий", "Марковские системы обслуживания". Время на выполнение теста ограничено и составляет 60 минут. Для вычислений рекомендуем использовать доступные Вам программные средства. У Вас всего одна попытка. Будьте внимательны!
Удачи Вам!

Разрешено попыток: 3

Тестирование закончено: Воскресенье, 20 февраля 2022, 20:00

Ограничение по времени: 2 час.

Метод оценивания: Высшая оценка

Попыток: 21

1. Уравнение Чепмена-Колмогорова для однородных цепей Маркова. Непрерывные цепи Маркова
2. Диаграмма интенсивностей переходов для непрерывной цепи Маркова
3. Анализ системы «гибели-размножения». Графическая интерпретация процессов переходов в непрерывной цепи Маркова
4. В чем отличие случайного потока от детерминированного?
5. Опишите способы задания потоков вызовов.
6. Как связаны между собой ведущая функция и параметр ординарного потока?
7. Дайте определение свойству ординарности.
8. В чем заключается свойство однородности?
9. Чему равно среднее число вызовов простейшего потока, поступающих за интервал времени?
10. Какими свойствами обладает простейший поток вызовов?
11. Чему равен средний интервал между вызовами простейшего потока вызовов?
12. Для каких потоков параметр и интенсивность равны?

13. Как изменится интенсивность примитивного потока вызовов
14. при занятости двух источников?
15. Перечислите свойства, которыми обладает функция распре-
16. деления интервалов между вызовами.
17. Запишите функцию плотности распределения интервалов
18. между вызовами примитивного потока.
19. Классификация систем массового обслуживания. Символика Кендалла-Башарина
20. Формула Литтла. Временная диаграмма работы системы массового обслуживания.
21. Коэффициент использования СМО
22. В чем измеряются потери?
23. Если среднее число одновременно занятых линий равно 10, чему равна пропускная способность системы распределения информации?
24. Чему равна интенсивность обслуженной нагрузки, если среднее число одновременно занятых линий равно 15?
25. Чему равны интенсивности рождения и гибели в марковской цепи, моделирующей полнодоступный пучок линий с явными потерями при обслуживании вызовов простейшего потока?
26. Какому распределению подчиняется распределение вероятностей занятости источников простейшего потока?
27. Что определяет формула Эрланга?
28. Что произойдет с вероятностью потерь по вызовам в случае увеличения интенсивности обслуживания линий при обслуживании вызовов простейшего потока с явными потерями
29. С чем связано использование распределения Бернулли при оценке потерь в системе?
30. Какое соотношение между вероятностями потерь по нагрузке, вызовам и времени соблюдается для простейшего потока?
31. Чему равно среднее число одновременно занятых линий при обслуживании с явными потерями вызовов простейшего потока?
32. Перечислите свойства простейшего потока вызовов.
33. Чему равна плотность распределения вероятностей промежутков времени между вызовами для простейшего потока?
34. Какая формула оценивает вероятность потерь по времени для системы с ожиданием?
35. Как соотносятся между собой вероятность потерь по времени в системе с явными потерями и в системе с ожиданием?
36. К какому типу относится поток освобождения после обслуживания прибором с показательным распределением времени обслуживания?
37. Поясните, как изменится средняя длина очереди в системе $M / M / v$ с увеличением числа линий.
38. В какой одноканальной системе среднее время ожидания начала обслуживания больше и почему?
39. Каким образом можно найти коэффициент вариации длительности обслуживания?
40. Чему равно математическое ожидание интервалов между вызовами для гамма-потока?

Примеры вопросов теста в Moodle

Вопрос 11

Неверно
 Баллов: 0,00
 из 1,00
 Отметить
 вопрос
 Редактировать
 вопрос

Среднее число заявок, поступивших в билетную кассу в одну минуту равна 1,5. Найти вероятность того, что за 2 минуты поступит менее 4 заявок.

- 0,647
 0,535
 0,353
 0,168

✘

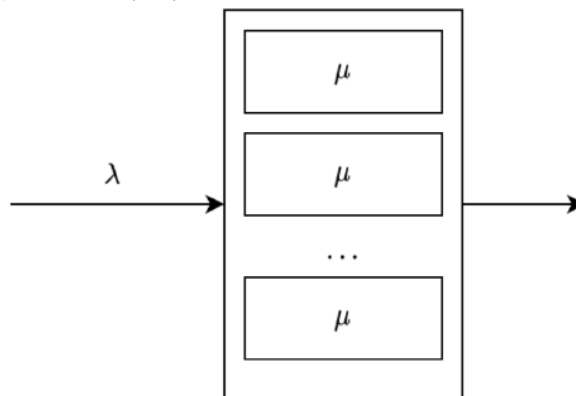
Ваш ответ неправильный.

Правильный ответ: 0,647

Вопрос 15

Верно
 Баллов: 1,00
 из 1,00
 Отметить
 вопрос
 Редактировать
 вопрос

Дайте описание характеристикам системы



- λ - параметр простейшего входящего потока ✓
 μ - количество занятых приборов в СМО
 μ - длина очереди
 μ - параметр экспоненциального распределения длительности обслуживания ✓
 λ - параметр времени работы СМО

Ваш ответ верный.

Вопрос 16

Неверно
 Баллов: 0,00
 из 1,00
 Отметить
 вопрос
 Редактировать
 вопрос

Система с простейшим входящим потоком, произвольным распределением длительности обслуживания, 5 линий обслуживания, с буфером неограниченной емкости. Запишите символично в виде $A/B/N/Nf$.

- $M/G/5/\infty$
 $M/M/5/\infty$
 $exp/exp/1/N$
 $\lambda/\mu/5/N$

✘

Ваш ответ неправильный.

Правильный ответ: $M/G/5/\infty$

Вопрос 17
Верно
Баллов: 1,00
из 1,00
Отметить
вопрос
Редактировать
вопрос

Стационарная средняя длина очереди в СМО $M/M/n/r$

$P_n \sum_{i=1}^r \left(\frac{\rho}{n}\right)^{i-1}$
 $P_n \sum_{i=1}^{r+1} \left(\frac{\rho}{n}\right)^{i-1}$
 $P_n \sum_{i=1}^r \left(\frac{\rho}{n}\right)^i$
 $P_n \sum_{i=1}^r \left(\frac{\rho-1}{n}\right)^i$

✔

Ваш ответ верный.
Правильный ответ: $P_n \sum_{i=1}^r \left(\frac{\rho}{n}\right)^i$

3.2. Типовые задания для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Задача 1. На цифровую линию, работающую в режиме TDM, поступает поток заявок на передачу речевых сообщений. Для обслуживания одной заявки требуется цифровой канал со скоростью 64 кбит/с. Обозначим через λ интенсивность поступления заявок, а через μ среднее время их обслуживания. Предположим, что поступление и обслуживание заявок, а также доступ к свободным каналам подчиняются правилам, сформулированным для модели Эрланга. Пусть $\lambda = 3$ заяв./мин, $\mu = 3$ мин. Для построенной модели решить следующие задачи:

1. Найти минимальное число каналов v , при котором доля потерянных заявок будет менее 0,03.

2. Для найденного значения v построить диаграмму переходов и выписать систему уравнений статистического равновесия.

3. Найти вероятности стационарных состояний модели, вероятности потерь по времени, а также доли потерянных заявок и потерянного трафика.

4. Поступившая заявка получила отказ в обслуживании. Какова вероятность того, что следующим событием в системе будет поступление новой заявки? Какова для неё вероятность получить отказ в обслуживании?

5. Определить доли времени, когда: а) все v каналов будут свободны; б) будет занято не менее трех каналов; в) будет свободен один канал.

6. При фиксированных остальных параметрах модели интенсивность поступления заявок увеличилась в три раза. Найти оценку сверху доли потерянных заявок с относительной погрешностью 10 %.

7. Занумеруем имеющиеся каналы произвольным образом. Определить долю времени, в течение которого канал с максимальным номером будет свободен, а остальные заняты, если выбор свободного канала на обслуживание осуществляется случайным образом.

Задача 2. Для модели Эрланга решить следующие задачи³⁰.

1. На любом алгоритмическом языке написать программу расчета основных показателей обслуживания заявок (вероятность потери и коэффициент загрузки). На основе программы):

- разработать модуль оценки показателей, по заданным параметрам и построить графики зависимости показателей обслуживания заявок от параметров системы;
- Найти распределение числа заявок, потерянных за время занятости всех каналов.

Примеры расчетно-графических работ

ЗАДАЧА

Бесконечнолинейная полумарковская ресурсная СМО вида $M^{(v)}/GI/\infty$.

Пусть интенсивность входящего потока 130 с^{-1} ,

время обслуживания распределено:

- а) по экспоненциальному закону с параметром 10 с^{-1} ;
- б) равномерно на интервале $[3,5]$,

объемы заявок имеют:

- а) экспоненциальное распределение со средним 3 ед.;
- б) равномерное распределение на интервале $[2,4]$.

Записать законы распределения числа заявок в системе и суммарного объема занятого ресурса в стационарном режиме функционирования. Найти математическое ожидание, дисперсию.

Построить графики для распределения вероятностей числа занятых приборов и плотности распределения суммарного объема занятого ресурса.

Пример оформления расчетной работы

$$\lambda := 130$$

Зададим функции распределения:

$$\begin{aligned}
 \text{Ba}(x) &:= 1 - e^{-10x} & \text{Bb}(x) &:= \begin{cases} \frac{x-3}{5-3} & \text{if } 3 \leq x < 5 \\ 1 & \text{if } x \geq 5 \end{cases} \\
 \text{Ga}(x) &:= 1 - e^{-\frac{1}{3}x} & \text{Gb}(x) &:= \begin{cases} \frac{x-2}{4-2} & \text{if } 2 \leq x < 4 \\ 1 & \text{if } x \geq 4 \end{cases}
 \end{aligned}$$

Найдем производные для функций распределения суммарного объема заявок

$$\text{PrGa}(x) := \frac{d}{dx} \text{Ga}(x) \rightarrow \frac{e^{-\frac{x}{3}}}{3} \qquad \frac{d}{dx} \text{Bb}(x) \rightarrow \frac{1}{2}$$

Найдем параметры $a1, a2$ для функций распределения объемов заявок и b для функций распределения времени обслуживания

$$\begin{aligned}
 a1a &:= \int_0^{\infty} x \cdot \text{PrGa}(x) dx = 3 & a1b &:= \int_0^4 x \cdot \frac{1}{2} dx + \int_4^{\infty} x \cdot 0 dx = 4 \\
 a2a &:= \int_0^{\infty} x^2 \cdot \text{PrGa}(x) dx = 18 & a2b &:= \int_0^4 x^2 \cdot \frac{1}{2} dx + \int_4^{\infty} x^2 \cdot 0 dx = 10.667 \\
 ba &:= \int_0^{\infty} (1 - \text{Ba}(x)) dx = 0.1 & bb &:= \int_0^5 \left(1 - \frac{x-3}{5-3}\right) dx + \int_5^{\infty} (1-1) dx = 6.25
 \end{aligned}$$

Построим графики для распределения вероятностей числа заявок в системе (k) и суммарного объема занятого ресурса (v)

Число заявок в системе (не зависит от их объема):

$$i := 0..1000$$

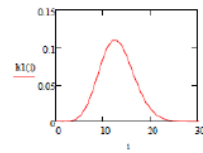
Экспоненциальное обл.:

Равномерное обл.:

$$k1(i) := \text{poiss}(i, \lambda \cdot \frac{1}{10})$$

$$M1 := \sum_{i=0}^{100} i \cdot k1(i) = 13$$

$$D1 := \sum_{i=0}^{100} (i^2 \cdot k1(i)) - M1^2 = 13$$

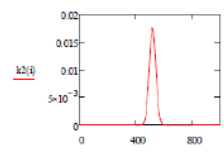


Распределение вероятностей суммарного объема ресурса:

$$k2(i) := \text{poiss}(i, \lambda \cdot 4)$$

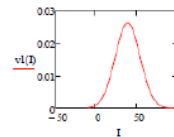
$$M2 := \sum_{i=0}^{1000} i \cdot k2(i) = 520$$

$$D2 := \sum_{i=0}^{1000} (i^2 \cdot k2(i)) - M2^2 = 520$$



Эксп. обл. и экстр. объем:

$$\begin{aligned}
 m11 &:= \lambda \cdot a1a \cdot ba = 39 \\
 d11 &:= \lambda \cdot a2a \cdot ba = 234 \\
 v1(i) &:= \text{dnorm}(i, m11, \sqrt{d11})
 \end{aligned}$$

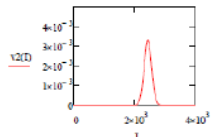


Равном. обл. и экстрем. объем:

$$\begin{aligned}
 m21 &:= \lambda \cdot a1b \cdot ba = 52 \\
 d21 &:= \lambda \cdot a2b \cdot ba = 138.667 \\
 v2(i) &:= \text{dnorm}(i, m21, \sqrt{d21})
 \end{aligned}$$

Эксп. обл. и равном. объем:

$$\begin{aligned}
 m12 &:= \lambda \cdot a1a \cdot bb = 2.438 \times 10^3 \\
 d12 &:= \lambda \cdot a2a \cdot bb = 1.469 \times 10^4 \\
 v2(i) &:= \text{dnorm}(i, m12, \sqrt{d12})
 \end{aligned}$$

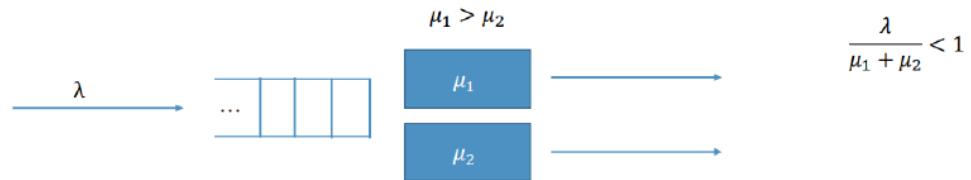


Равном. обл. и равном. объем:

$$\begin{aligned}
 m22 &:= \lambda \cdot a1b \cdot bb = 8.25 \times 10^3 \\
 d22 &:= \lambda \cdot a2b \cdot bb = 8.667 \times 10^3 \\
 v4(i) &:= \text{dnorm}(i, m22, \sqrt{d22})
 \end{aligned}$$

ЗАДАЧА

Рассмотреть случайный процесс $i(t)$ - число заявок в системе, изображенной на рисунке, в момент времени t . Записать систему линейных алгебраических уравнений для вероятностей состояний процесса. Решить ее. Параметры СМО подобрать самостоятельно с учетом условия существования стационарного режима. Построить график распределения вероятностей, вычислить: среднее число заявок в системе, среднее число заявок в очереди, среднее число заявок на обслуживании, коэффициент использования приборов, вероятность мгновенного начала обслуживания.



Пример оформления расчетной работы

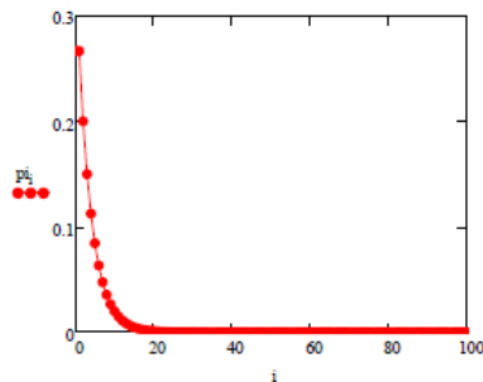
$$p_{i0} := \left[1 + \frac{\lambda}{\mu_1} + \sum_{j=2}^N \frac{\lambda^j}{\mu_1 \cdot (\mu_1 + \mu_2)^{j-1}} \right]^{-1} = 0.2$$

$$p_{i1} := \frac{\lambda}{\mu_1} \cdot p_{i0} = 0.2$$

$$p_i := \frac{\lambda^i}{[\mu_1 \cdot (\mu_1 + \mu_2)^{i-1}]} \cdot p_{i0}$$

	0
0	0.267
1	0.267
2	0.2
3	0.15
4	0.113
5	0.084
6	0.063
7	0.047
8	0.036
9	0.027
10	0.02
11	0.015
12	0.011
13	$8.447 \cdot 10^{-3}$
14	$6.335 \cdot 10^{-3}$
15	...

Построим график распределения вероятностей:



Среднее число заявок в системе:

$$M_k := \sum_{j=0}^N (j \cdot p_j) = 4.267$$

Среднее число заявок в очереди:

$$n := \sum_{j=3}^N [(j-2) \cdot p_j] = 2.4$$

Среднее число заявок на обслуживании:

$$obs1 := 1 \cdot p_1 + 2 \cdot \sum_{j=2}^N p_j = 1.867$$

Коэффициент использования приборов:

3.3. Темы для рефератов

- Самоподобные случайные процессы

- Классические модели сетей массового обслуживания (Сети Джексона. Теорема Джексона)
- ВСМР-сеть
- G-сети с отрицательными заявками (Сети Геленбе)
- СМО в случайной среде
- Системы Поллинга
- Приоритетные СМО
- Ненадежные СМО
- СМО с групповым обслуживанием заявок
- Потоки обслуженных заявок (выходящие потоки)
- Математические модели сегментирования радиоресурсов (ресурсные СМО с различными стратегиями разделения ресурсов)
 - Ресурсные в случайной среде
 - СМО с резервированием приборов
 - СМО с конечным числом источников
 - Queueing Models of Call Centers
 - “Israeli Queue” model
 - The Single Server Queue Queueing systems with random volume customers
 - Modeling IP Traffic Using the Batch Markovian Arrival Process

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания образовательных результатов обучения

Текущий контроль осуществляется в виде проверки выполнения учебных и домашних заданий. Текущий контроль успеваемости по теоретическому материалу осуществляется в виде тестов и коллоквиумов.

Оценка текущего контроля проводится на основе оценки компетенций, соответствующих текущему разделу дисциплины, согласно таблице:

Вид работы	Удельный вес	Критерии оценки
Расчетные-графические работы	25	от 0-5 баллов за выполнение работы (максимум 25 баллов)
Коллоквиум	20	от 0-20 баллов
Тест	20	от 0-20 баллов
Реферат	10	от 0-20 баллов
Экзамен	25	от 0-20 баллов

Итоговая оценка по предмету (экзамен) выставляется следующим образом:

- «отлично» – студент выполнил набрал не менее 80 первичных баллов и выполнил все лабораторные работы, нет неудовлетворительных оценок за контрольные работы/тесты;
- «хорошо» – студент выполнил от 65 до 80 первичных баллов и выполнил все лабораторные работы, нет неудовлетворительных оценок за контрольные работы;
- «удовлетворительно» – студент выполнил от 50 до 65 первичных баллов и выполнил все лабораторные работы, нет неудовлетворительных оценок за контрольные работы/тесты;

- «неудовлетворительно» – студент не сдал лабораторные работы, не выполнил набрал менее 50 первичных баллов или сдал контрольную работу/тест на «неудовлетворительно».

Во время экзамена студент может повысить свою оценку, сдав заново соответствующую