

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»

Институт прикладной математики и компьютерных наук  
Кафедра «Прикладная математика и информатика»

Утверждено на заседании кафедры  
«Прикладная математика и информатика»  
24 января 2022 г., протокол № 5

Заведующий кафедрой

 М.В. Грязев

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**  
**«Методы управления качеством сетевого сервиса»**

**основной профессиональной образовательной программы**  
**высшего образования – программы магистратуры**

по направлению подготовки  
**01.04.02 Прикладная математика и информатика**

с направленностью (профилем)  
**Перспективные методы искусственного интеллекта**  
**в сетях передачи и обработки данных**

Форма обучения: очная

Идентификационный номер образовательной программы: 010402-01-22

Тула 2022 год

### 1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО:

Дисциплина (модуль) относится к части дисциплин основной профессиональной образовательной программы, формируемых участниками образовательных отношений

### 2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть):

Учащиеся должны владеть знаниями о принципах работы традиционных компьютерных сетей, программно-конфигурируемых компьютерных сетей в объеме, соответствующем основным образовательным программам бакалавриата по укрупненным группам направлений и специальностей 01.00.00 «Математика и механика», 02.00.00 «Компьютерные и информационные науки»

### 3. Результаты обучения по дисциплине (модулю):

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)	
Формируемые компетенции (код и наименование компетенции)	Результаты обучения (знания, умения)
ПК-5. Способен руководить проектами по созданию, поддержке и использованию системы искусственного интеллекта на основе нейросетевых моделей и методов.	ПК-5.1. Руководит работами по оценке и выбору моделей искусственных нейронных сетей и инструментальных средств для решения поставленной задачи.
	ПК-5.2. Руководит созданием систем искусственного интеллекта на основе моделей искусственных нейронных сетей и инструментальных средств.
	ПК-5.3. Руководит проектами по разработке систем искусственного интеллекта на основе моделей глубоких нейронных сетей и нечетких моделей и методов.

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 3 з.е., в том числе 36 академических часа контактная работа с преподавателем - 12 академических часа занятий лекционного типа, 24 академических часов занятий практического типа, 72 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий:

5.1. Структура дисциплины (модуля) по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий (в строгом соответствии с учебным планом)

Наименование разделов и тем дисциплины (модуля),  Форма про-	Номинальные трудозатраты обучающегося		Всего академических часов	Форма текущего контроля успеваемости* (наименование)
	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, академические часы	Самостоятельная работа обучающегося, академические		

<b>межуточной аттестации по дисциплине (модулю)</b>	<b>Занятия лекционного типа</b>	<b>Практические занятия</b>	<b>ские часы</b>		
Тема 1. Введение; Балансировка сетевого трафика	2	4	12	16	практическое задание
Тема 2. Моделирование компьютерных сетей; Современные алгоритмы управления перегрузкой	2	4	12	16	практическое задание
Тема 3. Многопоточные протоколы транспортного уровня; Принципы маршрутизации на уровне автономных систем	2	4	12	14	практическое задание
Тема 4. Network Coding и сегментация	2	4	12	14	практическое задание
Тема 5. Обеспечение качества сервиса в центрах обработки данных	2	4	12	14	практическое задание
Тема 6. Сети доставки контента (CDN)	2	4	12	14	практическое задание
Другие виды самостоятельной рабо-	—	—	20	20	—

ты (курсовая работа)					
Промежуточная аттестация (зачет,)					
<b>Итого</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>92</b>	<b>108</b>	<b>—</b>

## 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

№ п/п	Наименование разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплин
1.	Тема 1. Введение. Балансировка сетевого трафика	Определение качества сервиса. Показатели качества сервиса. Интегрированные сервисы с гарантированным качеством соединений. Дифференцированные сервисы. Классификация методов балансировки. Балансировка трафика между серверами. Балансировка на уровне L2. Балансировка на уровне L3. Применение методов искусственного интеллекта для балансировки трафика.
2.	Тема 2. Моделирование компьютерных сетей; Современные алгоритмы управления перегрузкой	Сетевое исчисление: основные понятия. Min-plus алгебра. Сетевое исчисление: оценки задержки и отставания. Детерминированное и стохастическое сетевое исчисление. Дискретно-событийное имитационное моделирование. Моделирование компьютерных сетей при помощи ns-3.
3.	Тема 3. Многопоточные протоколы транспортного уровня; Принципы маршрутизации на уровне автономных систем	Демультимплексирование как метод повышения скорости. Протокол SCTP. Протокол MP-TCP (статический подход). Динамический подход FDMP. Массовая многопоточность. Классификация автономных систем. InternetExchangePoints (IXP). RemotePeering. Уменьшение стоимости транзита при помощи мультимплексирования.
4.	Тема 4. NetworkCoding и сегментация	Цель сетевого кодирования. Основные понятия в сетевом кодировании. Основная теорема мультикаста. Модели сетевого кодирования. Недостатки сетевого кодирования. Сегментация транспортных соединений.
5.	Тема 5. Обеспечение качества сервиса в центрах обработки данных	Топологии ЦОД. Планирование запросов в ЦОД. Планирование потоков данных в ЦОД. Оптимизация приложений под ЦОД. Применение методов искусственного интеллекта для обеспечения качества сервиса в ЦОД.
6.	Тема 6. Сети доставки контента (CDN)	Виды систем доставки контента. Адаптивная скорость передачи данных. Недостатки современных CDN. Виртуализация CDN. Telco CDN. Федерации CDN

6. Фонд оценочных средств (ФОС, оценочные и методические материалы) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости, критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

#### Практические задания

1. Установить средство имитационного моделирования ns3 версии 3.27. Установить модификацию ns3 из <https://github.com/mark-claupool/bbr>, которая добавляет алгоритм управления перегрузкой BBR в среду имитационного моделирования ns3.
2. Написать модель топологии сети (два хоста, соединенных через маршрутизатор) в среде ns3. Параметры качества сервиса линий связи выставить таким образом, чтобы задержка распространения на каждом из них составляла 10 мс, пропускная способность на линии, ближайшей к отправителю была равна 100 Mbps, а на линии ближайшей к получателю – 50Mbps. Задать параметры TCP стека (начальный размер окна в 1, TCP порог в 1, размер сегмента в 1460 байт, размер буфера в 13107200 байт).
3. Создать два приложения BulkSender и PacketSink, которые будут взаимодействовать друг с другом. Добавить обработчик на изменение окна перегрузки для транспортного потока между этими приложениями.
4. Запустить несколько экспериментов на передачу данных длительностью в минуту, действуя разные алгоритмы управления перегрузкой (NewReno, Bic, Vegas, BBR). Построить графики изменения окна управления перегрузкой для всех указанных алгоритмов. Определить наиболее эффективный алгоритм для данной сети и объяснить, какие преимущества и недостатки перечисленных алгоритмов повлияли на эффективность.

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине, критерии и шкалы оценивания

#### Вопросы к экзамену

1. Дайте определение качеству сервиса. Перечислите основные показатели качества сервиса.
2. Дайте определение дифференцированным и интегрированным сервисам. Приведите примеры этих сервисов.
3. Опишите базовое устройство и принципы работы сервера балансировки запросов на разных уровнях;
4. Опишите основные принципы балансировки потоков данных на уровнях L2 и L3 (TRILL, ECMP, VLB). Проблема реализации по-пакетной балансировки в рамках единственного потока данных;
5. Детерминированное и стохастическое сетевое исчисление. Основные понятия, оценка задержки и отставания. Min-plus алгебра.
6. NS3 как среда выполнения дискретно-событийных имитационных моделей. Преимущества и ограничения NS3 по сравнению со средами эмуляции работы сети на базе программных коммутаторов (Mininet);
7. Управление перегрузкой в TCP: причины появления и общие принципы работы.
8. Недостатки классических алгоритмов управления перегрузкой. Современные алгоритмы управления перегрузкой: TCP Cubic, TCP Compound, DCTCP, BBR;
9. Протокол SCTP: причины появления и базовые принципы работы;
10. Протокол MPTCP: базовое устройство и основные направления развития. Массовая многопоточность;

11. Устройство современного Интернет на уровне автономных систем. Классификация провайдеров, взаимоотношения между ними;
12. Базовое устройство и принципы работы точек обмена трафиком (IXP). Преимущества использования remotepeering.
13. NetworkCoding: основная теорема, модели работы сети с использованием networkcoding.
14. Принцип resourcepooling и проблемы его реализации в рамках Центров Обработки Данных (ЦОД). Принципы построения сетевых топологий для современных ЦОД;
15. Проблемы планирования потоков данных в ЦОД: обеспечение своевременной обработки потоков с требованиями реального времени, согласованная обработка связанных потоков.
16. Классификация систем доставки контента. Адаптивная передача видео с помощью DASH.
17. Недостатки современных CDN: фиксированная форма подачи контента и статичность инфраструктуры. Федеративные CDN: причины появления, архитектура.

<b>ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине</b>				
Оценка виды оценоч- ных средств	2 (не зачтено)	3 (зачтено)	4 (зачтено)	5 (зачтено)
<b>Знания</b> (виды оценоч- ных средств: опрос, тесты)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
<b>Умения</b> (виды оценоч- ных средств: практические задания)	Отсутствие умений	В целом успеш- ное, но не си- стематическое умение	В целом успешное, но содержащее от- дельные пробелы умение (допускает неточности не- принципиального характера)	Успешное и си- стематическое умение
<b>Навыки (владения, опыт деятель- ности)</b> (виды оценоч- ных средств: выполнение и защита курсо- вой работы, отчет по практике, от- чет по НИР и т.п.)	Отсутствие навыков (вла- дений, опыта)	Наличие от- дельных навы- ков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформир- ованные навыки (владения), но ис- пользуемые не в активной форме	Сформированные навыки (владе- ния), применяе- мые при решении задач

#### 7. Ресурсное обеспечение:

##### 7.1. Перечень основной и дополнительной литературы

##### Основная литература

1. Смелянский Р.Л. Компьютерные сети в 2 т. Т. 1. Системы передачи данных // М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 304 с.
2. Смелянский Р.Л. Компьютерные сети в 2 т. Т. 2. Сети ЭВМ // М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 240 с.

#### Дополнительная литература

1. Chemeritskiy E., Stepanov E., Smeliansky R. Managing network resources with flow (de) multiplexing protocol // Mathematical and Computational Methods in Electrical Engineering. — Vol. 53 of Recent Advances in Electrical Engineering Series. — WSEAS Press Sofia, Bulgaria, 2015. — P. 35–43.
2. Chemeritskiy E., Stepanov E., Smeliansky R. Managing network resources with flow (de) multiplexing protocol // Mathematical and Computational Methods in Electrical Engineering. — Vol. 53 of Recent Advances in Electrical Engineering Series. — WSEAS Press Sofia, Bulgaria, 2015. — P. 35–43.
3. Mishra J. K. Artificial Intelligence-Based Load Balancing in Cloud Computing Environment: A Study // Intelligent Computing and Innovation on Data Science. — Springer, Singapore, 2020. — С. 215-222.
4. Zhang T., Mao S. Machine learning for end-to-end congestion control // IEEE Communications Magazine. — 2020. — Т. 58. — №. 6. — С. 52-57.
5. Yuan T. et al. Effective\*-flow schedule for optical circuit switching based data center networks: A comprehensive survey // Computer Networks. — 2021. — С. 108321.

#### 7.2. Перечень лицензионного программного обеспечения, в том числе отечественного производства

При реализации дисциплины может быть использовано следующее программное обеспечение:

1. Операционная система Ubuntu 18.04.
  2. Программное обеспечение для виртуализации Oracle VM VirtualBox
  3. Операционная система ALT Linux MATE Starterkit 9 лицензия GPL
  4. Программный продукт Python 3.5.1 (64-bit) Python Software Foundation
  5. Операционная система Microsoft Windows 7 корпоративная академическая лицензия
  6. Операционная система Microsoft Windows 10 Education академическая лицензия
- 7.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем
1. <http://www.edu.ru> – портал Министерства образования и науки РФ
  2. <http://www.openet.ru> - Российский портал открытого образования
  3. <http://www.fasi.gov.ru> - Федеральное агентство по науке и инновациям
- 7.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»
1. <https://asvk.cs.msu.ru>
- 7.5. Описание материально-технического обеспечения.

Образовательная организация, ответственная за реализацию данной Программы, располагает соответствующей материально-технической базой, включая современную вычислительную технику, объединенную в локальную вычислительную сеть, имеющую выход в Интернет. Используются специализированные компьютерные классы, оснащенные современным оборудованием. Материальная база соответствует действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивает проведение всех видов занятий (лабораторной, практической, дисциплинарной и междисциплинарной подготовки) и научно-исследовательской работы обучающихся, предусмотренных учебным планом.

8. Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в Общей характеристике ОПОП.
9. Рабочая программа внедрена в соответствии с Соглашением о предоставлении из федерального бюджета грантов в форме субсидий на разработку программ бакалавриата и программ магистратуры по профилю «искусственный интеллект, а также на повышение

квалификации педагогических работников образовательных организаций высшего образования в сфере искусственного интеллекта, заключённым «29» сентября 2021 г. № 075-15-2021-1036 между МГУ имени М.В.Ломоносова и Минобрнауки России.