

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Факультет вычислительной математики и кибернетики



УТВЕРЖДАЮ
декан факультета

вычислительной математики и кибернетики

/И.А. Соколов /

2021г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Методы управления качеством сетевого сервиса

Уровень высшего образования:

магистратура

Направление подготовки / специальность:

01.04.02 "Прикладная математика и информатика" (3++)

Направленность (профиль) ОПОП:

**Перспективные методы искусственного интеллекта
в сетях передачи и обработки данных**

Форма обучения:

очная

Рабочая программа рассмотрена и утверждена
на заседании Ученого совета факультета ВМК
(протокол № 7, от 29 сентября 2021 года)

Москва 2021

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 01.04.02 "Прикладная математика и информатика" программы магистратуры в редакции приказа МГУ от 21 декабря 2021 года No 1404.

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

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

Дисциплина входит в магистерскую образовательную программу «Перспективные методы искусственного интеллекта в сетях передачи и обработки данных» как дисциплина по выбору, изучается в 4-м семестре.

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» и другим направлениям подготовки бакалавриата.

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю):

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)		
Формируемые компетенции (код и наименование компетенции)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование индикатора)	Результаты обучения (знания, умения)
ПК-6. Способен руководить проектами по созданию комплексных систем на основе аналитики больших данных в различных отраслях	ПК-6.1. Осуществляет руководство проектом по построению комплексных систем на основе аналитики больших данных в различных отраслях	ПК-6.1. 3-1. Знает методологию и принципы руководства проектом по созданию, поддержке и использованию комплексных систем на основе аналитики больших данных ПК-6.1. 3-2. Знает специфику сфер и отраслей, для которых реализуется проект по аналитике больших данных ПК-6.1. У-1. Умеет решать задачи по руководству коллективной проектной деятельностью для создания, поддержки и использования комплексных систем на основе аналитики больших данных ПК-6.1. У-2. Умеет сосредотачивать внимание на целях, достижение которых обеспечивает большую отдачу и сильное воздействие ПК-6.1. У-3. Умеет формировать матрицу приоритетов, включая критерии отбора проектов для реализации
	ПК-6.2. Применяет варианты использования больших данных, определений, словарей и эталонной архитектуры больших данных при руководстве проектами по построению комплексных систем на основе аналитики больших данных в различных отраслях	ПК-6.2. У-1. Умеет определять риски, связанные с реализацией / развертыванием инициатив / проектов в области аналитики больших данных ПК-6.2. У-2. Умеет описывать каждый риск на различных этапах развертывания аналитики больших данных, его воздействие, реализацию и серьезность ПК-6.2. У-3. Умеет определять цели проектов в области аналитики больших данных в организации / подразделениях / службах ПК-6.2. У-4. Умеет разрабатывать стратегические планы на уровне организации для проектов аналитики больших данных

	<p>ПК-6.3. Проводит планирование, управление, развертывание, аудит безопасности и защиты персональных данных при работе с большими данными и руководит операционной деятельностью, связанной с безопасностью и защитой персональных данных при работе с большими данными</p>	<p>ПК-6.3. З-1. Знает терминологию и последовательность мероприятий по безопасности и защите персональных данных при работе с большими данными ПК-6.3. У-1. Умеет проводить подготовку и планирование действий по верхнеуровневому управлению безопасностью и защитой персональных данных при работе с большими данными ПК-6.3. У-2. Умеет проводить мониторинг, оценку и контроль действий по верхнеуровневому управлению безопасностью и защитой персональных данных при работе с большими данными ПК-6.3. У-3. Умеет определять цели верхнеуровневого управления безопасностью и защитой персональных данных при работе с большими данными</p>
--	--	--

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 3 з.е., в том числе 72 академических часа на контактную работу обучающихся с преподавателем – 36 академических часов занятий лекционного типа, 36 академических часов занятий практического типа. 36 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 промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Номинальные трудозатраты обучающегося		Самостоятельная работа обучающегося, академические часы	Всего академических часов	Форма текущего контроля успеваемости* (наименование)
	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, академические часы				
	Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа			
Тема 1. Введение	4	4	4	12	практическое задание
Тема 2. Балансировка сетевого трафика	4	4	4	12	практическое задание
Тема 3. Моделирование компьютерных сетей	4	4	4	12	практическое задание
Тема 4. Современные алгоритмы управления перегрузкой	4	4	4	12	практическое задание
Тема 5. Многопоточные протоколы транспортного уровня	4	4	4	12	практическое задание
Тема 6. Принципы маршрутизации на уровне автономных систем	4	4	4	12	практическое задание
Тема 7. Network Coding и сегментация	4	4	4	12	практическое задание
Тема 8. Обеспечение качества сервиса в центрах обработки данных	4	4	4	12	практическое задание
Тема 9. Сети доставки контента (CDN)	4	4	4	12	практическое задание
Другие виды самостоятельной работы (отсутствуют)	—	—			—
Промежуточная аттестация (экзамен)					
Итого	36	36	36	108	—

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

№ п/п	Наименование разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплин
1.	Тема 1. Введение	Определение качества сервиса. Показатели качества сервиса. Интегрированные сервисы с гарантированным качеством соединений. Дифференцированные сервисы
2.	Тема 2. Балансировка сетевого трафика	Классификация методов балансировки. Балансировка трафика между серверами. Балансировка на уровне L2. Балансировка на уровне L3. Применение методов искусственного интеллекта для балансировки трафика.
3.	Тема 3. Моделирование компьютерных сетей	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.
4.	Тема 4. Современные алгоритмы управления перегрузкой	Определение перегрузки. Первые алгоритмы управления перегрузкой и их недостатки. Алгоритмы управления перегрузкой в наших ОС. DCTCP – алгоритм управления перегрузкой в ЦОД. Алгоритмы, развивающиеся в настоящее время (BBR, RCP, алгоритмы управления перегрузкой, основанные на применении методов искусственного интеллекта).
5.	Тема 5. Многопоточные протоколы транспортного уровня	Демультимплексирование как метод повышения скорости. Протокол SCTP. Протокол MPTCP (статический подход). Динамический подход FDMP. Массовая многопоточность.
6.	Тема 6. Принципы маршрутизации на уровне автономных систем	Классификация автономных систем. Internet Exchange Points (IXP). Remote Peering. Уменьшение стоимости транзита при помощи мультимплексирования.
7.	Тема 7. Network Coding и сегментация	Цель сетевого кодирования. Основные понятия в сетевом кодировании. Основная теорема мультикаста. Модели сетевого кодирования. Недостатки сетевого кодирования. Сегментация транспортных соединений.
8.	Тема 8. 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.
9.	Тема 9. 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-claypool/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 Bulk Sender 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, задействуя 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 remote peering.
13. Network Coding: основная теорема, модели работы сети с использованием network coding.
14. Принцип resource pooling 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.

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине				
Оценка	2 (не зачтено)	3 (зачтено)	4 (зачтено)	5 (зачтено)
виды оценочных средств				
Знания (виды оценочных средств: опрос, тесты)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения (виды оценочных средств: практические задания)	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности не принципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения, опыт деятельности) (виды оценочных средств: выполнение и защита курсовой работы, отчет по практике, отчет по НИР и т.п.)	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые 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. Разработчик (разработчики) программы.

д.ф.- м.н., чл.-корр. РАН, профессор Смелянский Руслан Леонидович
программист Степанов Евгений Павлович