

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ястребов Олег Александрович

Должность: Ректор

Дата подписания: 27.06.2022 11:51:29

Уникальный программный ключ:

ca953a0120d891083f939673078ef1a9896ae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский университет дружбы народов»**

Факультет физико-математических и естественных наук

(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Построение и анализ моделей беспроводных сетей 5G/6G

(наименование дисциплины/модуля)

Рекомендована МССН для направления подготовки:

09.04.03 — Прикладная информатика

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):

Искусственный интеллект и анализ данных

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

2022 г.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Построение и анализ моделей беспроводных сетей 5G/6G» является

- изучение подходов к управлению качеством обслуживания в сотовых сетях связи текущего (LTE) следующего поколения (mmWave/5G+/6G);
- рассмотрение вопросов качества в таких сетях на различных уровнях; знакомство с методами анализа и расчета показателей качества отдельных элементов сетей, а также сети в целом;
- освоение и исследование точных и приближенных методов анализа качества обслуживания в сотовых сетях связи следующего поколения.

Задачами дисциплины являются обучение студентов активному владению методами анализа современных сотовых сетей связи, построению математических моделей таких сетей и их фрагментов, формирование навыка применения вычислительных алгоритмов к анализу производительности сетей для расчета их характеристик, важных с точки зрения управления качеством обслуживания в сетях связи следующего поколения/

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Построение и анализ моделей беспроводных сетей 5G/6G» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации
		УК-1.2 Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности
		УК-1.3 Имеет практический опыт работы с информационными источниками, опыт научного поиска, создания научных текстов
ОПК-1	Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические	ОПК-1.1 Обладает фундаментальными знаниями в области математических и естественных наук, информатики и теории коммуникаций
		ОПК-1.2 Умеет осуществлять первичный сбор и анализ материала, интерпретировать различные

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
	и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или	<p>математические и информационные объекты</p> <p>ОПК-1.3 Имеет практический опыт работы с решением математических и информационных задач и применяет его в профессиональной деятельности</p>
ОПК-2	Способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач;	<p>ОПК-2.1 Знает основные положения и концепции в области программирования, языков программирования, теории коммуникации, знает основную терминологию, знаком с перечнем ПО, включенного в Единый Реестр Российских программ</p> <p>ОПК-2.2 Умеет анализировать типовые языки программирования, составлять программы</p> <p>ОПК-2.3 Имеет практический опыт решения задач анализа и интеграции различных типов программного обеспечения, анализа типов коммуникации</p>
ОПК-7	Способен использовать методы научных исследований и математического моделирования в области проектирования и управления информационными системами;	<p>ОПК-7.1 Знает логические методы и приемы научного исследования, методологические принципы современной науки, приемы работы с ними в области информатики и коммуникаций</p> <p>ОПК-7.2 Умеет осуществлять методологическое обоснование при решении профессиональных задач</p>
ПК-1	Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований	<p>ПК-1.1 Знает основы научно-исследовательской деятельности в области информационных и коммуникационных технологий, принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала; владеет навыками подготовки научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и иностранном языках; способен осуществлять подготовку к публикации материалов в научно-технических изданиях</p> <p>ПК-1.2 Умеет применять полученные знания в области математики и информатики, а также решать стандартные задачи собственной научно-</p>

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
		исследовательской деятельности; умеет решать научные задачи с пониманием существующих подходов к верификации моделей по тематике исследований в соответствии с выбранной методикой
ПК-2	Организационное и технологическое обеспечение проектирования и дизайна ИС	ПК-2.2 Умеет применять в практической деятельности профессиональные стандарты в области информационных технологий, проводить анализ требований к информационной системе, разрабатывать варианты реализации информационной системы, производить оценку качества, надежности и эффективности информационных систем

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Построение и анализ моделей беспроводных сетей 5G/6G» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 ОП ВО.

В рамках ОП ВО обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Построение и анализ моделей беспроводных сетей 5G/6G».

Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики	Последующие дисциплины/модули, практики ¹
УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	Архитектура беспроводных сетей	Показатели эффективности беспроводных сетей 5G/6G; Нотации моделирования и анализ бизнес-процессов; Корпоративная карта бизнес-процессов и информационная модель данных
ОПК-1	Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять	Архитектура беспроводных сетей	Показатели эффективности беспроводных сетей 5G/6G; Нотации моделирования и анализ бизнес-процессов;

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики	Последующие дисциплины/модули, практики
	математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте		Корпоративная карта бизнес-процессов и информационная модель данных
ОПК-2	Способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач	Архитектура беспроводных сетей	Показатели эффективности беспроводных сетей 5G/6G; Нотации моделирования и анализ бизнес-процессов; Корпоративная карта бизнес-процессов и информационная модель данных
ОПК-7	Способен использовать методы научных исследований и математического моделирования в области проектирования и управления информационными системами	Архитектура беспроводных сетей	Показатели эффективности беспроводных сетей 5G/6G; Нотации моделирования и анализ бизнес-процессов; Корпоративная карта бизнес-процессов и информационная модель данных
ПК-1	Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований	Архитектура беспроводных сетей	Показатели эффективности беспроводных сетей 5G/6G; Нотации моделирования и анализ бизнес-процессов; Корпоративная карта бизнес-процессов и информационная модель данных
ПК-2	Организационное и	Архитектура	Показатели эффективности

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики	Последующие дисциплины/модули, практики
	технологическое обеспечение проектирования и дизайна ИС	беспроводных сетей	беспроводных сетей 5G/6G; Нотации моделирования и анализ бизнес-процессов; Корпоративная карта бизнес-процессов и информационная модель данных

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Построение и анализ моделей беспроводных сетей 5G/6G» составляет 4 зачетные единицы.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения ОП ВО

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.	Семестр(-ы)
		1
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	36	36
Лекции (ЛК)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
Практические/семинарские занятия (СЗ)	18	18
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	108	108
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	-	-
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	144
	зач.ед.	4

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы ²
Раздел 1. Эволюция беспроводных сотовых сетей	Тема 1.1. Особенности развития сетей связи, история развития ССС, процесс стандартизации ССС, назначение электромагнитного спектра	ЛК, СЗ
	Тема 1.2. Развитие сетей ССС, особенности поколения, технологические свойства и отличия	ЛК, СЗ
Раздел 2. Методы анализа сотовых сетей связи	Тема 2.1. Сети 4G+: сетевые механизмы наращивания емкости	ЛК, СЗ
	Тема 2.2. Сети 5G “Новое Радио” основные	ЛК, СЗ

2 - заполняется только по ОЧНОЙ форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – семинарские занятия.

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы
	особенности	
	Тема 2.3. Сети 5G “Новое Радио” функциональные особенности радиодоступа	ЛК, СЗ
	Тема 2.4. Сети 5G “Новое Радио” сценарии использования	ЛК, СЗ
	Тема 2.5. Сети терагерцового доступа 6G: приложения	ЛК, СЗ
	Тема 2.6. Сети терагерцового доступа 6G: открытые задачи	ЛК, СЗ
	Тема 2.7. Совмещение методов стохастической геометрии и СМО для анализа сетей 5G NR	ЛК, СЗ
	Раздел 3. Математические модели для сетей LTE/5G/6G	Тема 3.1. Моделирование mmWave: потери распространения
Тема 3.2. Моделирование mmWave: пространственные характеристики блокировки		ЛК, СЗ
Тема 3.3. Моделирование mmWave: временные характеристики блокировки		ЛК, СЗ
Тема 3.4. Моделирование mmWave: антенные решетки		ЛК, СЗ
Тема 3.5. Моделирование mmWave: линейная шкала и особенности терагерцового распространения		ЛК, СЗ
Тема 3.6. Моделирование mmWave: функциональные преобразования случайных величин для моделирования беспроводных сетей связи		ЛК, СЗ
Тема 3.7. Моделирование mmWave: методы оценки помехи		ЛК, СЗ
Тема 3.8. Моделирование mmWave: оценка помехи		ЛК, СЗ
Тема 3.9. Моделирование mmWave: 3D модели оценки помехи. Параметризация ресурсных СМО		ЛК, СЗ
Тема 3.10. Борьба с блокировками: мультисвязность для поддержки соединения		ЛК, СЗ
Тема 3.11. Борьба с блокировками: мультисвязность для поддержки QoS		ЛК, СЗ
Тема 3.12. Борьба с блокировками: мультисвязность для поддержки QoS, часть II		ЛК, СЗ
Тема 3.13. Оценка SINR и емкости		ЛК, СЗ
Тема 3.14. Ресурсные СМО		ЛК, СЗ
Тема 3.15. Борьба с блокировками: резервация ресурсов		ЛК, СЗ

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Лекционная	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	Компьютер/ноутбук с доступом сети Интернет и электронно-образовательной среде Университета, браузер, ПО для просмотра PDF, MS Teams.
Компьютерный класс	Компьютерный класс для проведения занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная персональными компьютерами (в количестве ____ шт.), доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	ОС Windows или ОС Linux, офисный пакет MS Office или LibreOffice, ПО для просмотра pdf (например, acrobat reader или evince), интерпретатор Python версии 3.5 и старше, компилятор языка C/C++ gcc, редактор app-editors/jedit или аналог. Дополнительное ПО: OBS Studio
Для самостоятельной работы обучающихся	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	ОС Windows или ОС Linux, офисный пакет MS Office или LibreOffice, ПО для просмотра pdf (например, acrobat reader или evince), интерпретатор Python версии 3.5 и старше, компилятор языка C/C++ gcc, редактор app-editors/jedit. Дополнительное ПО: OBS Studio

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Молчанов Д.А., Бегишев В.О., Самуйлов А.К., Самуйлов К.Е. Модели и методы оценки характеристик сетей связи 5G: учебно-методическое пособие. – Москва: РУДН, 2020. – 95 с.

2. Молчанов Д.А, Бегишев В.О., Сопин Э.С., Самуйлов А.К., Гайдамака Ю.В.// Построение моделей и анализ производительности беспроводных сетей радиодоступа 5G «Новое Радио»: учебное пособие / – Москва : РУДН, 2021. – 95 с.: ил.
3. Левин, Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники / Левин, Б. Р. – Советское радио, 1976.
4. Молчанов, Д.А. Оценка отношения сигнал-шум в беспроводных сетях доступа пятого поколения. / Д.А. Молчанов, Р.Н. Ковальчуков, А.Я. Ометов, и др. // Электросвязь. — 2019, — № 9, — С. 37–44. — 0,92 / 0,45 п.л.
5. Молчанов, Д.А. Анализ интерференции в беспроводных сетях связи терагерцового диапазона частот. / В.И. Петров, Д.А. Молчанов, Е.А. Кучерявый, // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. — 2017, — Т. 10, № 1, — С. 27–36. — 1,27 / 0,66 п.л.
6. Молчанов Д.А. Оценка отношения сигнал/помеха в беспроводных сетях связи терагерцового диапазона частот / В.И. Петров, Д.А. Молчанов, Е.А. Кучерявый, // Электросвязь. — 2017. — № 10. — С. 24-29. — 0,43 / 0,17 п.л.
7. Современные информационные каналы и системы связи: учебник / В.А. Майстренко, А.А. Соловьев, М.Ю. Пляскин, А.И. Тихонов ; Минобрнауки России, Омский государственный технический университет, Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), Академия военных наук Российской Федерации. - Омск : Издательство ОмГТУ, 2017. - 452 с. : табл., граф., схем., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-8149-2458-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493441>
8. Мультисервисные сети связи [Текст/электронный ресурс]: Учебно-методический комплекс / К.Е. Самуйлов, П.О. Абаев. - Электронные текстовые данные. - М. : Изд-во РУДН, 2013. - 363 с. - ISBN 978-5-209-05014-8 : 389.82. - http://lib.rudn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Rudn_FindDoc&id=403183&idb=0
9. Мицель А.А., Катаев М.Ю., Математическое и имитационное моделирование: Методические указания к выполнению практических работ по курсу «Математическое и имитационное моделирование» для студентов, обучающихся по направлению 09.03.03 «Прикладная информатика» всех форм обучения. Юрга: Изд-во ЮТИ(филиал)ГПУ, 2016. – 110 с.
10. Бочаров, П.П. Теория вероятностей. Математическая статистика / П.П. Бочаров, А.В. Печинкин. – 2-е изд. – Москва : Физматлит, 2005. – 296 с.

Дополнительная литература:

1. Бегишев В.О., Сопин Э.С., Молчанов Д.А., Самуйлов А.К., Гайдамака Ю.В., Самуйлов К.Е.// статья: Оценка эффективности механизма резервирования полосы пропускания для технологии mmWave в сетях связи пятого

- поколения, изд-во: Информационно-управляющие системы, № 5 (102), 2019 г., стр. 51 - 63
2. DOI <https://doi.org/10.31799/1684-8853-2019-5-51-63>.
 3. Молчанов Д.А. Моделирование отношения сигнал/интерференция в мобильной сети со случайным блужданием взаимодействующих устройств / Ю.В. Гайдамака, Ю.Н. Орлов, Д.А. Молчанов, и др. // Информатика и её применения. — 2017. — Т.11, №2, — С. 50–58. — 1,03 / 0,64 п.л.
 4. Молчанов Д.А. Оценка характеристик интерференции при взаимодействии беспроводных устройств в смежных помещениях прямоугольной формы. / Ю.В. Гайдамака, А.К. Самуйлов, В.О. Бегишев и др. //Т-Comm. Связь. — 2015, — Т. 10, № 11, — С. 41–45. — 0,58 / 0,33 п.л.
 5. Молчанов Д.А. Анализ пропускной способности и характеристик частотного спектра в сетях связи сверхмалого радиуса действия в терагерцовом диапазоне / Боронин П.Н., Кучерявый Е.А., Молчанов Д.А. // Электросвязь. — 2014. — № 11. — С. 18-21. — 0,32 / 0,15 п.л.
 6. Кисель, Н.Н. Моделирование распространения радиоволн в пакете Wireless InSite : учебное пособие / Н.Н. Кисель ; Министерство науки и высшего образования РФ, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет», Инженерно-технологическая академия. - Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2018. - 108 с. : ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9275-2698-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=499698>
 7. Бочаров П. П. Теория массового обслуживания : учебник для вузов / П. П. Бочаров, А. В. Печинкин. - Москва: Изд-во РУДН, 1995. [Электронный ресурс]. - URL: <http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUbooks27620>
 8. Rappaport T. S. et al. Wireless communications: principles and practice. – New Jersey: prentice hall PTR, 1996. – Т. 2.
 9. Andrews, Jeffrey G., et al. "Femtocells: Past, present, and future." IEEE Journal on Selected Areas in Communications 30.3 (2012): 497-508

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров:
 - Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН <http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web>
 - ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>
 - ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>
 - ЭБС «Консультант студента» www.studentlibrary.ru
 - ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>
 - ЭБС «Троицкий мост»

2. Базы данных и поисковые системы:
- электронный фонд правовой и нормативно-технической документации <http://docs.cntd.ru/>
 - поисковая система Яндекс <https://www.yandex.ru/>
 - поисковая система Google <https://www.google.ru/>
 - реферативная база данных SCOPUS <http://www.elsevierscience.ru/products/scopus/>
 - IETF <https://www.ietf.org/rfc.html>
 - 3GPP <https://www.3gpp.org>

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля³:

1. Курс лекций по дисциплине «Построение и анализ моделей беспроводных сетей 5G/6G».
2. Практические работы по дисциплине «Построение и анализ моделей беспроводных сетей 5G/6G».

8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Оценочные материалы и балльно-рейтинговая система⁴ оценивания уровня сформированности компетенций (части компетенций) по итогам освоения дисциплины «Построение и анализ моделей беспроводных сетей 5G/6G» представлены в Приложении к настоящей Рабочей программе дисциплины.

РАЗРАБОТЧИКИ:

профессор кафедры прикладной информатики и теории вероятностей

Должность, БУП



Подпись

Д.А. Молчанов

Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:

Зав. кафедрой прикладной информатики и теории вероятностей

Наименование БУП



Подпись

К.Е. Самуйлов

Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:

Доцент кафедры информационных технологий

Должность, БУП



Подпись

М.Б. Фомин

Фамилия И.О.

3 - все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины в ТУИС.

4 - ОМ и БРС формируются на основании требований соответствующего локального нормативного акта РУДН.