

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

2022 г.



Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине
(Оценочные средства по дисциплине)

Сети 5G/5G+

по направлению подготовки

02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии

Направленность (профиль) подготовки:

Математика беспроводных сетей связи и интернета вещей

Томск–2022

ОС составили:

д-р техн. наук, доцент

профессор кафедры теории вероятностей и математической статистики Д.А. Молчанов

канд. физ.-мат. наук

доцент кафедры теории вероятностей и математической статистики Е.Ю. Лисовская

ассистент кафедры теории вероятностей и математической статистики О. Д. Лизюра

Рецензент:

д-р техн. наук, профессор,

зав. кафедрой прикладной информатики

С.П. Сущенко

Оценочные средства одобрены на заседании учебно-методической комиссии института прикладной математики и компьютерных наук (УМК ИПМКН).

Протокол от 12.05.2022 г. № 4

Председатель УМК ИПМКН,

д-р техн. наук, профессор

С.П. Сущенко

Оценочные средства (ОС) являются элементом системы оценивания сформированности компетенций у обучающихся в целом или на определенном этапе ее формирования.

ОС разрабатывается в соответствии с рабочей программой (РП) дисциплины.

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>ОПК-2 Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач</p>	<p>ИОПК-2.2 Использует методы высокопроизводительных вычислительных технологий, современного программного обеспечения (в том числе отечественного производства) для решения задач профессиональной деятельности</p>	<p>ОП-2.2.1 обучающийся знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Архитектуру сетей связи 5G, - Услуги сетей связи 5G и требования к ним, - Функциональные особенности сетей доступа, - Основные характеристики производительности сетей доступа, - Базовые соотношения теории массового обслуживания, - Модели движения абонентов, - Модели процесса обслуживания абонентов в сетях 5G, - Методы повышения надежности обслуживания абонентов в сетях 5G, - Приложения сетей терагерцового диапазона частот, - Модели обслуживания абонентов в терагерцовом диапазоне частот, - Направления исследований в области современных цифровых технологий, - Сферу применения технологий беспроводной связи 5G в сквозных цифровых технологиях (интернет вещей, искусственный интеллект, технологии виртуальной и дополненной реальности, сбор и обработка больших данных и др.). 	<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 успешные, но не систематические и осуществляемые умения и навыки</p>	<p>Фрагментарные знания, частично освоенные умения и навыки</p>
---	---	---	--	--	--	---

ПК-1 Способен осуществлять научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки как при исследовании самостоятельных тем, так и разработки по тематике организации	ИПК-1.1. Осуществляет проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований	<p>ОР-1.1.1 обучающийся умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Излагать особенности и требования к сетевым системам связи с подвижными объектами, - Излагать процедуру стандартизации ССС, - Излагать концепции архитектуры построения протоколов сетей связи 5G, - Излагать принципиальные отличия сетей связи 5G NR, - Излагать необходимость использования терагерцового диапазона частот, - Оценивать характеристики обслуживания абонентов в терагерцовом диапазоне частот, - Формулировать проблемы смежных цифровых технологий, использующих сети 5G, в виде прикладных математических задач. 	Сформированные систематические знания умения и навыки	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания, и в целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками умения и навыки	Общие, но не структурированные знания и, в целом успешные, но не систематические и осуществляемые умения и навыки	Фрагментарные знания, частично освоенные умения и навыки
	ИПК-1.3. Осуществляет разработку планов и методических программ проведения исследований и разработок по определенной тематике	<p>ОР-1.3.1 обучающийся знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Особенности распространения волн терагерцового диапазона частот, - Приложения сетей терагерцового диапазона частот, - Модели обслуживания абонентов в терагерцовом диапазоне частот. 	Сформированные систематические знания умения и навыки	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания, и в целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками умения и навыки	Общие, но не структурированные знания и, в целом успешные, но не систематические и осуществляемые умения и навыки	Фрагментарные знания, частично освоенные умения и навыки

<p>ПК-3 Способен 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-3.3. Определяет показатели качества функционирования инфокоммуникационных систем на основе построенных математических и имитационных моделей.</p>	<p>ОП-3.3.1 обучающийся владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Методами оценки уровня помехи, - Методами оценки отношения сигнал-шум, - Методами оценки отношения достижимой скорости. 	<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 успешные, но не систематические и осуществляемые умения и навыки</p>	<p>Фрагментарные знания, частично освоенные умения и навыки</p>
<p>ПК-2 Способен реализовывать и осуществлять руководство процессами, проектами разработки и модификации программного обеспечения, информационных систем и проектов в области инфокоммуникационных технологий</p>	<p>ИПК-2.1 Планирует работы в проектах любого уровня сложности в области инфокоммуникационных технологий</p>	<p>ОП-2.1.1 обучающийся умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Проводить оценку основных характеристик производительности сетей 5G NR, - Проводить оценку плотности установки базовых станций 5G NR, - Определять плотность установки базовых станций с учетом требований надежности, - Уточнять плотность установки базовых станций в различных сценариях развертывания, 	<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 успешные, 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.	Сотовые сети связи	ОР-2.1.1, ОР-1.3.1	Вопросы, задание на взаимное оценивание, тест
2.	Архитектура сетей связи 5G	ОР-1.1.1, ОР-2.1.1	Вопросы
3.	Модели компонентов сетей связи 5G NR и методология оценки базовых характеристик систем 5G NR	ОР-1.1.1, ОР-2.1.1	Вопросы
4.	Оценка базовых характеристик систем 5G NR	ОР-3.3.1, ОР-1.3.1	Вопросы, выполнение расчетно-графических работ
5.	Методы повышения надежности в 5G NR	ОР-2.2.1, ОР-1.3.1	Выполнение расчетно-графических работ
6.	Сети связи 6G терагерцового диапазона частот	ОР-1.3.1, ОР-2.1.1, ОР-2.2.1	Вопросы

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

3.1 Типовые задания для проведения текущего контроля успеваемости по дисциплине.

Задание на взаимное оценивание

Тема занятия: Какое место занимают сети 5G/5G+ среди современных сквозных технологий?

Результат обучения: Формулировать проблемы смежных цифровых технологий, использующих сети 5G, в виде прикладных математических задач. (анализировать)

Виды активности	Содержание активности с указанием цифровых инструментов и ресурсов		
	<i>Асинхронное обучение (до)</i>	<i>Синхронное обучение</i>	<i>Асинхронное обучение (после)</i>
Составление таблицы-подсказки по материалам мини-лекции	Студенты изучают текст мини-лекцию и находят информацию о применении сетей 5G в других сквозных технологиях, заполняют гугл-таблицу	Обсуждаем и дополняем гугл-таблицу	
Работа в группах		Студенты делятся на группы, выбирают одну из смежных цифровых технологий и анализируют кейс из составленной таблицы. Студенты выделяют	

		проблемы, которые необходимо решить для реализации кейса, составляют план.	
Обсуждение		Студенты представляют результаты первичного анализа, обсуждают и дополняют планы реализации	
Работа в группах		Студенты уточняют планы реализации кейса по группам	
Самостоятельная работа			Студенты формулируют одну задачу прикладной математики на основе анализа кейса и представляют на взаимное оценивание план решения задачи.
Проверка самостоятельных работ			Студенты сверяются с критериальной матрицей и оценивают две постановки задач, выявляют плюсы и минусы работ

Инструкция для студентов.

Шаг 1. Прочитайте мини-лекцию в moodle о сквозных цифровых технологиях. Найдите примеры использования сетей 5G в других областях цифровых технологий и заполните / дополните любую ячейку таблицы-шаблона.

Шаг 2. Обсудите изученный материал и убедитесь, что таблица полна, заполните пустые ячейки.

Шаг 3. Разбейтесь на группы и в каждой группе выберите один из кейсов в таблице. Выделите проблемы, связанные с развертыванием сетей 5G в контексте своего кейса и предложите 2 прикладных задачи, которые необходимо решить для реализации данного кейса.

Шаг 4. Представьте результаты групповой работы на обсуждение. Задайте вопросы или предложите свои идеи другим участникам.

Шаг 5. По результатам обсуждения поработайте в группе над исправлением недочетов вашего плана реализации кейса.

Шаг 6. Для самостоятельной работы выберите один из пунктов в плане и формализуйте его в прикладную математическую задачу. В качестве ответа представьте описание кейса, план его реализации, построенный в группе и свою формулировку задачи.

Например:

Пункт плана: развертывание сетей 5G для сбора больших данных с помощью сети датчиков.

Решение: сформулирована задача оптимизации сети по стоимости оборудования (записана стоимостная функция).

Шаг 8. Сверьтесь с критериальной матрицей и оцените постановки задач двух слушателей курса. Заполните опросник и выявите сильные и слабые стороны постановки задачи.

Критериальная матрица

Критерий	Дескрипторы		
	0 баллов	1 балл	2 балла
План реализации кейса соответствует цели	План реализации кейса не служит достижению поставленной цели	План реализации кейса недостаточный, можно выделить больше пунктов (предложите свои)	План реализации кейса не является избыточным и служит цели
Формулировка задачи корректна	Смысл использованных сущностей (функций, переменных, уравнений) не ясен	Задача сформулирована с обобщениями, не учитываются особенности конкретного кейса	Задача сформулирована без логических ошибок и с учетом особенностей области
Формулировка задачи соответствует цели кейса	Связь между сформулированной задачей и целью кейса неясна	Сформулированная задача относится к проблемам развертывания сетей 5G, но её решение не способствует достижению цели кейса	Решение задачи напрямую способствует решению всего кейса

Тест

Тема: Сквозные цифровые технологии в контексте развертывания и эксплуатации сетей 5G

Результат обучения: Знать направления исследований в области современных цифровых технологий и сферу применения технологий беспроводной связи 5G в сквозных цифровых технологиях (интернет вещей, искусственный интеллект, технологии виртуальной и дополненной реальности, сбор и обработка больших данных и др.). (запоминать).

Вопрос 1: Какие сквозные технологии цифровой экономики предназначены для сбора данных? (вопрос предполагает несколько вариантов ответов)

1. Интернет вещей
2. Нейротехнологии
3. Блокчейн
4. Технологии беспроводной связи
5. Квантовые технологии
6. Облачные технологии
7. Искусственный интеллект
8. Большие данные

Вопрос 2: Какие сквозные технологии цифровой экономики предназначены для хранения и передачи данных? (вопрос предполагает несколько вариантов ответов)

1. Блокчейн
2. Большие данные
3. Интернет вещей
4. Технологии беспроводной связи
5. Нейротехнологии
6. Облачные технологии
7. Искусственный интеллект
8. Квантовые технологии

Вопрос 3: Какие сквозные технологии цифровой экономики предназначены для анализа данных и принятия решений? (вопрос предполагает несколько вариантов ответов)

1. Интернет вещей
2. Большие данные
3. Нейротехнологии
4. Технологии беспроводной связи
5. Квантовые технологии
6. Облачные технологии
7. Искусственный интеллект
8. Блокчейн

Вопрос 4: Сопоставьте описание технологии и её название.

1. Интернет вещей
2. Квантовые технологии
3. Облачные технологии
4. Блокчейн

а. Технология, позволяющая хранить всю цепочку сделок и актуальный список владельцев на компьютерах множества независимых пользователей.

б. Концепция сети передачи данных между физическими объектами, оснащёнными встроенными средствами и технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой.

в. Современные технологии, основанные на явлениях физики, которые не могут быть объяснены в рамках классических теорий, таких как законы движения Ньютона, уравнения термодинамики и уравнения Максвелла для электромагнетизма.

г. Технологии распределенной обработки цифровых данных, с помощью которых компьютерные ресурсы предоставляются интернет-пользователю как онлайн-сервис.

Вопрос 5: Сопоставьте описание технологии и её название.

1. Большие данные
2. Искусственный интеллект
3. Нейротехнологии
4. Технологии беспроводной связи

а. Совокупность подходов и инструментов, включающих средства массово-параллельной обработки неопределённо структурированных данных.

б. Технологии, задачей которых является воссоздание с помощью вычислительных систем и иных искусственных устройств разумных рассуждений и действий.

в. Технологии, которые оказывают фундаментальное влияние на то, как люди понимают мозг и различные аспекты сознания, мыслительной деятельности, высших психических функций.

г. Подкласс информационных технологий, которые служат для передачи информации между двумя и более точками на расстоянии, не требуя проводной связи.

Вопрос 6: Какие сквозные технологии реализуются при поддержке сетей 5G?

1. Интернет вещей
2. Технологии виртуальной и дополненной реальности

3. Облачные технологии
4. Все вышеперечисленное

Вопрос 7: Благодаря датчикам корректируется траектория движения автомобилей для избегания дорожно-транспортных происшествий. Это пример применения технологии:

1. 5G
2. Искусственный интеллект
3. Квантовые технологии
4. Интернет вещей

Вопрос 8: С помощью камер видеонаблюдения отслеживается применение водителями ремней безопасности. Это пример применения технологии:

1. 5G
2. Искусственный интеллект
3. Квантовые технологии
4. Интернет вещей

Вопрос 9: Симуляционные тренажеры для обучения пилотированию самолетов являются примером реализации технологии:

1. Искусственный интеллект
2. Виртуальная реальность
3. Дополненная реальность
4. Интернет вещей

Вопрос 10: Графические изображения архитектурных деталей здания, накладываемые поверх строящегося объекта для выявления изъянов проекта – это пример использования технологии:

1. Искусственный интеллект
2. Виртуальная реальность
3. Дополненная реальность
4. Интернет вещей

Типовые задания для расчетно-графических работ для проведения текущего контроля успеваемости по дисциплине:

Расчетно-графическая работа №1. «Среда для расчетов и имитационного моделирования и базовые операции со случайными величинами».

Задание 1. Сгенерировать три выборки размера 100, 1000 и 10000 для случайных расстояний между двумя точками, равномерно распределенные в прямоугольнике со сторонами 10 и 30. Получить среднее значение расстояния между точками, построить функцию распределения вероятностей и плотности вероятностей случайных расстояний. Показать разницу между соответствующими функциями на одном графике.

Задание 2. Сгенерировать выборку точек, равномерно распределенных внутри круга двумя способами:

- 1) Равномерно распределить точки внутри квадрата, внутрь которого вписана окружность, и отфильтровать точки, лежащие за пределами окружности.
- 2) Генерировать точки путем задания случайного угла и расстояния от центра окружности.

Радиус окружности $R = 10$, размер выборки 1000 точек.

Для созданных выборок сделать следующее:

1. Создать рисунок, иллюстрирующий расположение точек сгенерированной выборки внутри окружности.
2. Найти выборочные средние координат точек и их дисперсию.
3. Построить график плотности распределения расстояния от случайной равномерно распределенной точки в круге до фиксированной точки, лежащей вне окружности (к примеру, с координатами $X = 20, Y = 0$).

4. Построить график плотности распределения расстояния между двумя случайными точками, равномерно расположенными внутри круга.

Расчетно-графическая работа №2. «Модели распространения и скорость канала связи».

Задание 1.

1. Переведите модель распространения FSPL из линейной шкалы в логарифмическую. Обоснуйте переход.

2. Постройте модель распространения FSPL для как функцию от расстояния для нескольких частот $f = 900$ МГц, 1.9 ГГц и 28 ГГц как в шкале децибел, так и в линейной шкале. Объясните удобство использования шкалы децибел. Проанализируйте и сделайте вывод о влиянии расстояния и частоты на потери распространения.

3. Предположив излучаемую мощность антенны БС 23 дБм, усиления на передаче и приеме 10 дБ, а также чувствительность приемника -70 дБ рассчитайте радиус покрытия БС на частотах $f = 900$ МГц, 1.9 ГГц и 28 ГГц. Ширина канала – 20 МГц, тепловой шум -174 дБ/Гц. Опишите полученные результаты. Укажите методы повышения покрытия беспроводных сетей связи.

4. Сравните модель FSPL и модели UMa Los, UMa nLOS, InH-Office LoS, InH-Office nLoS. Оцените различия и обоснуйте их.

Задание 2.

1. Постройте отношение SNR как функцию от дистанции для нескольких частот $f = 900$ МГц, 1.9 ГГц и 28 ГГц, предположив излучаемую мощность антенны БС 23 дБм, усиления на передаче и приеме 10 дБ, ширина канала – 20 МГц, тепловой шум – 174 дБ/Гц, модель распространения – FSPL. Проанализируйте поведение кривых. Что произойдет с максимальной дистанцией связи если изменять чувствительность приемника, усиления антенн, излучаемую мощность? Что произойдет если появится интерференция от смежных сот?

2. Постройте зависимость скорости Шэннона от параметров как функцию от дистанции для нескольких частот $f = 900$ МГц, 1.9 ГГц и 28 ГГц, предположив излучаемую мощность антенны БС 23 дБм, усиления на передаче и приеме 10 дБ, ширина канала – 20 МГц, тепловой шум – 174 дБ/Гц. Проанализируйте полученную зависимость. Почему скорость ненулевая даже для дистанций, на которых связь невозможна? Зафиксировав дистанцию постройте зависимости от частоты, усиления на передаче, мощности передачи, интерференции. Что происходит в реальных системах связи на этих дистанциях? За счет чего наиболее эффективно наращивать скорость беспроводных каналов связи? Что происходит со скоростью если появится интерференция от смежных сот?

3. Постройте зависимость скорости Шэннона от разных моделей распространения: FSPL, UMa Los, UMa nLOS, InH-Office LoS, InH-Office nLoS? В каких условиях достижимая скорость выше.

3.2. Типовые задания для проведения промежуточной аттестации по дисциплине.

Экзаменационный билет №1.

1. Исходя их выражения ФР расстояния до ближайшей БС из поля БС с плотностью b , в поле блокеров с плотностью a получите выражение для ФР SNR и скорости Шэннона.

2. Постройте графики для скорости Шэннона как функции от плотности БС и плотности блокеров (радиус блокера – 0.3 м, высоту блокера – 1.7 м, высоту АУ – 1.5 м, высоту БС – 10 м, ширина канала связи – 20 МГц, излучаемая мощность антенны БС – 23 дБм, усиления на передаче и приеме – 10 дБ). Поясните полученные результаты.

Экзаменационный билет №2.

1. Получите аппроксимацию второго порядка для среднего значения функции SINR и скорости Шэннона методом разложения в ряд Тейлора при условии, что единственным случайным компонентом является расстояние между передатчиком и приемником. Поясните каждый из переходов. Предположив, что это расстояние распределено (i)

равномерно от 1 до 100 м, (i) нормально с средним 50 и дисперсией 20, (iii) экспоненциально со средним 50, и также, используя модель FSPL, предположив дополнительно излучаемую мощность антенны БС 23 дБм, усиления на передаче и приеме 10 дБ, ширина канала – 20 МГц, тепловой шум – 174 дБ/Гц, интерференция постоянна и равна 10 дБ.

2. Сравните полученный результат с прямым решением при помощи известного выражения для среднего: $E[X] = \int g(x)dF(x)$, где $g(x)$ – функция SINR или скорости Шэннона. $F(x)$ функция распределения расстояния между передатчиком и приемником. Проанализируйте полученные результаты.

3. Получите аппроксимацию второго порядка для среднего значения функции SINR и скорости Шэннона методом разложения в ряд Тейлора при условии, что случайных факторов два – расстояние между передатчиком и приемником и расстояние до интерферирующего устройства. Поясните каждый из переходов. Постройте графики исходя из предположения, что первый компонент распределен равномерно от 1 до 100 м, второй равномерно от 1 до 100 м или равномерное от 50 до 150. В качестве численных значений параметров используйте пункт 1. Объясните полученные результаты.

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания образовательных результатов обучения

4.1. Методические материалы для оценки текущего контроля успеваемости по дисциплине.

Текущий контроль успеваемости по практическому материалу осуществляется в виде проверки выполнения учебных и домашних расчетно-графических работ. Текущий контроль успеваемости по теоретическому материалу осуществляется в виде тестов. Оценка текущего контроля проводится на основе оценки компетенций, соответствующих текущему разделу дисциплины, согласно таблице.

Расчетно-графические работы	0-5 баллов за выполнение каждой работы (максимум 40 баллов)
Тесты	0-20 баллов за каждый тест (максимум 40 баллов)
Экзамен	0-20 баллов

4.2. Методические материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине.

Итоговая оценка по предмету (экзамен) выставляется следующим образом:

«отлично» – студент набрал не менее 80 первичных баллов, выполнил все расчетно-графические работы, нет неудовлетворительных оценок за тесты;

«хорошо» – студент набрал от 65 до 80 первичных баллов, выполнил все расчетно-графические работы, нет неудовлетворительных оценок за тесты;

«удовлетворительно» – студент набрал от 50 до 65 первичных баллов, выполнил все расчетно-графические работы, нет неудовлетворительных оценок за тесты;

«неудовлетворительно» – студент не сдал расчетно-графические работы, набрал менее 50 первичных баллов или сдал тест на «неудовлетворительно».

Во время экзамена студент может повысить свою оценку, сдав заново соответствующий тест, при условии выполнения остальных требований к оценке.