

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего**  
**образования**  
**«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ**  
**УНИВЕРСИТЕТ»**

Структурное подразделение «Институт информационных технологий и анализа данных»

**УТВЕРЖДЕНА:**

на заседании Совета института ИТиАД им. Е.И.Попова

Протокол №8 от 24 февраля 2025 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**«КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ»**

Направление: 09.04.01 Информатика и вычислительная техника

Искусственный интеллект

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой  
электронной подписью  
Составитель программы:  
Труфанов Андрей Иванович  
Дата подписания: 17.06.2025

Документ подписан простой  
электронной подписью  
Утвердил: Говорков Алексей  
Сергеевич  
Дата подписания: 18.06.2025

Документ подписан простой  
электронной подписью  
Согласовал: Афанасьев  
Александр Диомидович  
Дата подписания: 18.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

# 1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

## 1.1 Дисциплина «Компьютерные сети и телекоммуникационные системы» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

| Код, наименование компетенции                                                                                                                                                                                                                                    | Код индикатора компетенции |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| ОПК-1 Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте | ОПК-1.4                    |
| ОПК-7 Способен адаптировать зарубежные комплексы обработки информации и автоматизированного проектирования к нуждам отечественных предприятий                                                                                                                    | ОПК-7.1                    |

## 1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

| Код индикатора | Содержание индикатора                                                                                                                                                                                                                       | Результат обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-1.4        | Умеет решать нестандартные профессиональные задачи в области компьютерных сетей и телекоммуникационных систем, в том числе в новой или незнакомой среде с применением математических, естественнонаучных и профессиональных знаний          | <b>Знать</b> методы и модели сетевого анализа в решении нестандартных задач технологической, естественнонаучной и социально-экономической сферы.<br><b>Уметь</b> проводить анализ решения нестандартных задач в области компьютерных сетей и телекоммуникационных систем .<br><b>Владеть</b> инструментами расчета сетевых метрик и сетевой визуализации технологических, естественнонаучных и социально-экономических систем. |
| ОПК-7.1        | Умеет решать профессиональные задачи в области компьютерных сетей и телекоммуникационных систем, в том числе адаптировать зарубежные комплексы обработки информации и автоматизированного проектирования к нуждам отечественных предприятий | <b>Знать</b> основные достижения мировой науки о сетях , в области компьютерных сетей и телекоммуникационных систем<br><b>Уметь</b> профессионально оценивать и применять разработки в сетевой области , опубликованные в мировой открытой печати.<br><b>Владеть</b> техникой представления сетевых моделей технологических, естественнонаучных и социально-экономических систем.                                              |

## 2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Компьютерные сети и телекоммуникационные системы» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Компьютерные сети и телекоммуникационные системы», «Специальные главы математики», «Основы искусственного интеллекта»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Производственная практика: преддипломная практика», «Технологии обработки, анализа и визуализации данных», «Распознавание речи, обработка аудио сигналов»

### 3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 6 ЗЕТ

| Вид учебной работы                                                 | Трудоемкость в академических часах<br>(Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа) |             |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
|                                                                    | Всего                                                                                                         | Семестр № 1 |
| Общая трудоемкость дисциплины                                      | 216                                                                                                           | 216         |
| Аудиторные занятия, в том числе:                                   | 56                                                                                                            | 56          |
| лекции                                                             | 28                                                                                                            | 28          |
| лабораторные работы                                                | 28                                                                                                            | 28          |
| практические/семинарские занятия                                   | 0                                                                                                             | 0           |
| Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)            | 124                                                                                                           | 124         |
| Трудоемкость промежуточной аттестации                              | 36                                                                                                            | 36          |
| Вид промежуточной аттестации<br>(итогового контроля по дисциплине) | Экзамен                                                                                                       | Экзамен     |

### 4 Структура и содержание дисциплины

#### 4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

##### Семестр № 1

| №<br>п/п | Наименование<br>раздела и темы<br>дисциплины | Виды контактной работы |              |    |              |         |              | СРС     |              | Форма<br>текущего<br>контроля |
|----------|----------------------------------------------|------------------------|--------------|----|--------------|---------|--------------|---------|--------------|-------------------------------|
|          |                                              | Лекции                 |              | ЛР |              | ПЗ(СЕМ) |              |         |              |                               |
|          |                                              | №                      | Кол.<br>Час. | №  | Кол.<br>Час. | №       | Кол.<br>Час. | №       | Кол.<br>Час. |                               |
| 1        | 2                                            | 3                      | 4            | 5  | 6            | 7       | 8            | 9       | 10           | 11                            |
| 1        | Введение в науку о сетях                     | 1                      | 2            |    |              |         |              | 2       | 4            | Устный опрос                  |
| 2        | Задачи на графах                             | 2                      | 2            | 1  | 2            |         |              | 1, 2    | 8            | Устный опрос                  |
| 3        | Сетевые метрики                              | 3                      | 2            |    |              |         |              | 2       | 6            | Устный опрос                  |
| 4        | Генерация сетей                              | 4                      | 2            |    |              |         |              | 2       | 6            | Устный опрос                  |
| 5        | Сообщества в комплексных сетях               | 5                      | 2            |    |              |         |              | 2       | 6            | Устный опрос                  |
| 6        | Сетевое представление сетеподобной структуры | 6                      | 2            | 2  | 2            |         |              | 1, 2, 3 | 12           | Отчет                         |

|    |                                                                                  |    |    |            |    |  |  |         |     |              |
|----|----------------------------------------------------------------------------------|----|----|------------|----|--|--|---------|-----|--------------|
|    | сложной системы                                                                  |    |    |            |    |  |  |         |     |              |
| 7  | Топологические риски, устойчивость и уязвимость сетевых структур                 | 7  | 2  | 3          | 2  |  |  | 1, 2, 3 | 12  | Устный опрос |
| 8  | Сетевое описание схожих с эпидемиями процессов распространения в сложной системе | 8  | 2  |            |    |  |  | 2       | 6   | Устный опрос |
| 9  | Трансформация неструктурированных данных в комплексные сети                      | 9  | 2  | 4, 5       | 8  |  |  | 1, 2, 3 | 14  | Устный опрос |
| 10 | Многослойные сети                                                                | 10 | 2  |            |    |  |  | 2       | 6   | Устный опрос |
| 11 | Крупномасштабные сети                                                            | 11 | 2  |            |    |  |  | 2       | 6   | Устный опрос |
| 12 | Практические примеры сетевых структур                                            | 12 | 2  |            |    |  |  | 2       | 4   | Устный опрос |
| 13 | Хранилища сетевых данных                                                         | 13 | 2  |            |    |  |  | 2       | 4   | Устный опрос |
| 14 | Инструменты сетевого анализа                                                     | 14 | 2  | 6, 7, 8, 9 | 14 |  |  | 1, 2, 3 | 30  | Устный опрос |
|    | Промежуточная аттестация                                                         |    |    |            |    |  |  |         | 36  | Экзамен      |
|    | Всего                                                                            |    | 28 |            | 28 |  |  |         | 160 |              |

## 4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

### Семестр № 1

| № | Тема                     | Краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Введение в науку о сетях | Отличие сетей и графов. История науки о сетях. Математические инструменты для сетей. Графы: вершины, рёбра, направленные графы, ориентированные графы, взвешенные графы, невзвешенные графы, псевдографы, мультиграфы, гиперграфы, графы свойств; граф ближайших соседей (NNG). Степень и сила, распределение степеней. Узлы, связи, связность. Фрактальная геометрия, размерность Хаусдорфа. Линейная алгебра для графов и сетей: список ребер, список смежности, матрица смежности, собственные векторы матрицы и собственные значения. Приложения и примеры |
| 2 | Задачи на графах         | Цикл Эйлера, цикл Гамильтона. Задача коммивояжёра (travelling salesman problem, TSP) — поиск самого выгодного маршрута, проходящего через указанные города хотя бы по одному разу с последующим возвратом в исходный город. Алгоритм Дейкстры — метод                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

|   |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                 | <p>поиска кратчайшего пути между парами вершин графа и расчета длины пути — суммарного веса ребер, по которым проходит при этом маршруте. Алгоритм обхода в ширину: обход графа по возможным путям, когда после посещения вершины, посещаются все соседние с ней вершины. Поиск в глубину - обход графа по возможным путям, когда нужно сначала полностью исследовать одну ветку и только потом переходить к другим веткам .</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 3 | Сетевые метрики | <p>Размер сети. Эксцентриситет. Диаметр, радиус сети. Средняя геодезическая. Коэффициент кластеризации, локальный и глобальный. Средний коэффициент локальной кластеризации. Модулярность. Ассортативность и дисассортативность. Центральности. С-Радиальность узла. С-центроид. Напряженность узла. Центральность по степени, центральность по близости, проблемы центральности по близости, центральность мостовая, центральность по собственному вектору, центральность Каца, <math>\alpha</math>-центральность, PageRank. Хабы и авторитеты. Центральность графа: с точки зрения степеней, близости и промежуточности. Минимальный остов. Связность: гигантская компонента.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 4 | Генерация сетей | <p>Алгоритмы генерации сетей. Случайные сети: модель Эрдеша –Реньи, сети малого мира : формальное определение как сети, в которой среднее кратчайшее расстояние между парой узлов пропорционально логарифму размера сети, сети безмасштабные, сети Ваттса-Строгатца; синтетические сети, генератор R-MAT. Процесс предпочтительного присоединения (preferential attachment, PA)- это любой из класса процессов, в которых некоторое количество, обычно некая форма ресурсов, распределяется между несколькими акторами или объектами в зависимости от того, сколько у них уже есть ресурса, так что те, кто уже «богат», получают больше чем те, кто «беднее». «Предпочтительное присоединение» - это лишь последнее, сетевое, из многих названий, которые были даны таким процессам. Их также называют «Святочный процесс», «совокупное преимущество», «богатые становятся богаче» и, что менее правильно, «эффект Мэтью». Они также связаны с законом Гибрата. Основная причина научного интереса к предпочтительному присоединению в науке о сетях заключается в том, что оно может при подходящих обстоятельствах генерировать степенные распределения. Если предпочтительное</p> |

|   |                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                                              | <p>присоединение является нелинейным, измеренные распределения могут отклоняться от степенного закона. Модели предпочтительного присоединения Модель Барабаши Альберт, Фитнес-модель: Сеть Бьянкони – Барабаши , Гомофильная модель, Сети с евклидовым расстоянием: Модель, предложенная Соарес и др. Эволюция сетей.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 5 | Сообщества в комплексных сетях                               | <p>Сообщества, группы, кластеры. Обнаружено, что сложные системы естественным образом разделены на несколько модулей или сообществ. В сетевом представлении эти модули описываются как группы плотно соединенных узлов с разреженными соединениями с узлами других групп. Неперекрывающаяся структура сообщества: узел может принадлежать только одному сообществу, перекрывающиеся сообщества: узел может принадлежать нескольким сообществам. Три фундаментальных вопроса, связанных с общинной структурой сетей: генеративные модели для общин, вовремя развивающиеся сети сообществ и методы иммунизации в сетях с модульной структурой. Роль генеративных моделей в разработке алгоритмов обнаружения сообщества. Модульность как общая метрика для качества сообщества и как основа для алгоритмов обнаружения сообщества путем максимизации модульности. Паттерны и мотивы. Поиск скрытых узлов, связей и сообществ. Алгоритмы обнаружения сообществ на основе прогнозирования связей. Алгоритмы обнаружения сообществ , у которых нет четкой структуры . Обнаружение ложных связей.</p> |
| 6 | Сетевое представление сетеподобной структуры сложной системы | <p>Сетевые модели для технологического домена: приложения на транспорте , модели L- и P- : в обоих форматах наборы узлов остаются эквивалентными, например, автобусные остановки, станции метро или железнодорожные станции, тогда как шаблоны наборов звеньев различны. В формате L-пространства каждая пара последовательных соседних узлов, лежащих вдоль маршрута, считается соединенной линией связи. Противоположно, P-пространство предполагает, что все узлы, принадлежащие одному маршруту, соединены линиями связи и таким образом составляют клику. Таким образом, формат L-пространства эффективен для понимания взаимосвязи между станциями (узлами) в целом, а P-пространство способствует изучению перемещений между различными маршрутами в транспортной системе; робототехника, машиностроение, умные города, CPS. Обычно</p>                                                                                                                                                                                                                                                  |

|   |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                                                                  | <p>построение моделей сети в первую очередь фокусируется на топологии дорожной сети без учета индивидуальных транспортных потоков. Изучение транспортных потоков помогает понять лежащую в основе пространственную структуру. В целом сетевой анализ служит платформой для развития национальных и глобальных возможностей для поддержки эффективной экономики и демократического управления.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 7 | Топологические риски, устойчивость и уязвимость сетевых структур                 | <p>Уязвимость сетей: сбои, каскады, время существования повреждений, риски, стратегии атак, стратегии защиты, восстановление; Устойчивость безмасштабных сетей к случайным сбоям, уязвимость к целевым террористическим атакам. Надежность физических сетей, в том числе телекоммуникационных, сетей иной топологии, важной для критической инфраструктуры. В сетевой системе воздействие локальной угрозы нарушения ее функционирования может легко распространиться на всю систему из-за каскадного эффекта и в конечном итоге перерасти в крупномасштабную катастрофу. Обнаружение чувствительных мест в сетях критической инфраструктуры, реализация эффективных стратегий защиты от внешних и внутренних вредоносных событий. Сотрудничество и конкуренция в комплексных сетях. Эффективность. Эффективность сети, определяемая как среднее значение, относящееся к наименьшей длине пути между каждой парой узлов в сети, указывает, насколько эффективны взаимодействуют элементы сети. Изменение эффективности, вызванное сбоями или атаками для оценки надежности или устойчивости сетей.</p> |
| 8 | Сетевое описание схожих с эпидемиями процессов распространения в сложной системе | <p>Динамика заражения и распространения вредоносных агентов. Проблемы: любая сложная сетевая система реального мира обычно эволюционирует, из чего следует, что изучение прошлого системы не всегда приводит к надежному решению для настоящего, но может даже стать источником риска в будущем. Новое мышление о глобальных сетевых рисках и сложной системной науке. Эпидемии определяются как вспышки, которые затрагивают ненулевую долю населения в пределах большого размера системы. Эпидемическое поведение обычно демонстрирует фазовый переход параметров модели - внезапный переход от режима без эпидемий к режиму с эпидемией. Этот переход происходит, когда «репродуктивное отношение» <math>R_0</math> заболевания, которое представляет</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

|    |                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                                             | <p>собой долю увеличения числа случаев инфицирования в единицу времени, проходит через значение, равное единице. Распространение инфекций, слухов, пожаров. Пороговое и беспороговое распространение. Понятие misinformation. Роль ботов в распространении информации в социальных сетях. Сетевой подход помогает государственным учреждениям здравоохранения и платформам социальных сетей смягчать распространение информации, связанной со здоровьем, с низкой достоверностью, выявляя уязвимые онлайн-сообщества. Модели включающие только «восприимчивые» и «инфицированные» субпопуляции : SI-модели. SIR – модель ( восприимчивые, S, - заразные, I- выздоровевшие, R). Модели SEIR.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 9  | Трансформация неструктурированных данных в комплексные сети | <p>Онтологии конвертирования несетеподобных данных в сети. Преобразование временных рядов в сети. Таксономия алгоритмов отображения временных рядов в сложные сети основана на размерности временных рядов, результирующей структуре сети, концепции отображения и основных методах отображения. Одномерные отображения : три основных типа в зависимости от основной концепции: видимость, транзитивность и близость. Концепции отображения видимости устанавливают связи (ребра) между метками времени ряда (как узлов) с помощью линий видимости (с ограничениями или без них) между наблюдениями. Для транзитивного отображения методы основаны на вероятностях переходов между состояниями (или зонами), определяемыми разделением временного пространства в наборе временных состояний (или разделением поддержки/наблюдений рядов на зоны), которые будут являться узлами сети. Наконец, отображения близости устанавливают соединения, используя измерения расстояния или подобия между временными точками (или состояниями), которые становятся сетевыми узлами. Анализ связности ландшафтов. Стилметрия как количественное исследование литературного стиля с помощью численных дистанционных методов чтения. Сетевая стилметрия литературных произведений</p> |
| 10 | Многослойные сети                                           | <p>В многослойных сетях узлы организованы в слои, и ребра могут соединять узлы в одном слое (внутрислойные ребра) или узлы в разных слоях (межслойные ребра). Взаимосвязанная сеть образована слоями, с межслойными ребрами, соединяющими разных акторов различных слоев. Мультиплексы. Мультиплексная сеть образована</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

|    |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                       | <p>слоями, с межслойными ребрами, соединяющими один и тот же актор в различных слоях. Многие реальные сложные системы могут быть эффективно моделируются как мультиплексные сети, где одни и те же акторы связаны в нескольких уровнях. Примеры включают социальные сети между отдельными лицами на нескольких платформах социальных сетей и транспортные сети между городами на основе воздушных, железнодорожных и автомобильных сетей. Взаимозависимые сети. Большинство реальных сетевых систем постоянно взаимодействуют с другими сетями, особенно с учетом того, что современные технологии ускоряют взаимозависимость сетей. Для адекватного моделирования большинства реальных систем решающее значение имеет понимание взаимозависимости сетей и влияния этой взаимозависимости на структурное и функциональное поведение сопряженной системы. Кружево единых сетей.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 11 | Крупномасштабные сети | <p>Растущая связанность современного общества приводит к упрощению глобальной коммуникации и ускорению распространения новостей, информации и эпидемий. Важно сосредоточить внимание на ключевых концепциях для решения проблем, вызванных нынешним сдвигом масштабов сложных сетей. Лекция посвящена тому, как масштабируемые решения, использующие теорию графов, социологию и вероятность, решают проблемы коммуникации (маршрутизации, диффузии, агрегирования) в динамических и социальных сетях. Для моделирования распределенной сетевой среды, такой как Интернет, необходимо интегрировать данные, собранные из нескольких точек сети, чтобы получить полное представление о сетевом режиме работы трафика. Знание динамических характеристик имеет важное значение для управления сетью (например, обнаружение отказов/перегрузок, конфигурирование и проектирование трафика, например, маршрутизация или выбор сервера). Однако, учитывая огромные масштабы и ограничения, обусловленные правами доступа, непосредственно измерять такие характеристики дорого (когда-то невозможно). Для решения этой проблемы в крупномасштабной сетевой среде используется множество методов и инструментов для определения необозримых характеристик производительности сети. Модель, в которой</p> |

|    |                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                       | вывод основан на самоподобии и фрактальное поведение лучше всего представлено, это безмасштабная сеть                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 12 | Практические примеры сетевых структур | Сложные сетевые системы пронизывают большинство аспектов нашей повседневной жизни и представители науки о сетях включают в круг своих исследований такие сферы, как транспорт, связь и информация, природные комплексы, энергетические системы, снижение и смягчение последствий стихийных бедствий и рисков, финансы, системы управления, социальные сети, а также биологические и медицинские системы, к этим же аспектам относятся исследования устойчивости, эффективности, надежности, безопасности, риска, сложности и сетей, начиная с основополагающих работ А.-Л. Барабаша [R. Albert and A.-L. Barabasi, (2002) Statistical mechanics of complex networks, Reviews of Modern Physics, vol. 74, no. 1, pp. 47–97]. Сетевой подход помогает государственным учреждениям здравоохранения и платформам социальных сетей смягчать распространение информации, связанной со здоровьем, с низкой достоверностью, выявляя уязвимые онлайн-сообщества.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 13 | Хранилища сетевых данных              | Многие учреждения и частные лица со всего мира предложили огромные сетевые наборы данных. Эти хранилища предоставляют исследователям социальные, нейронные, коннектомные, биологические экологические, технологические, транспортные, коммуникационные, информационные, семантические, цитируемые, совместные и геопространственные данные в сетевой форме, которые могут быть использованы для сетевого анализа исследований и проявления сети. Репозитории также включают списки ссылок и необработанных данных: Network Repository. An Interactive Scientific Network Data Repository. URL: <a href="https://networkrepository.com/index.php">https://networkrepository.com/index.php</a> UCI Network Data Repository . URL: <a href="https://networkdata.ics.uci.edu/resources.php">https://networkdata.ics.uci.edu/resources.php</a> ; The Colorado Index of Complex Networks (ICON) URL: <a href="https://icon.colorado.edu">https://icon.colorado.edu</a> Complex Networks . URL: <a href="https://www.complexnetworks.fr/">https://www.complexnetworks.fr/</a> ; Stanford Large Network Dataset Collection.URL: <a href="https://snap.stanford.edu/data/">https://snap.stanford.edu/data/</a> ; CASOS – Computational Analysis of Social and Organizational Systems. URL: <a href="http://www.casos.cs.cmu.edu/tools/data.php">http://www.casos.cs.cmu.edu/tools/data.php</a> ; International Networks Archive. URL: <a href="https://www.princeton.edu/~ina/arms/index.html">https://www.princeton.edu/~ina/arms/index.html</a> ; International Network for Social Network Analysis. |

|    |                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                              | URL: <a href="https://www.insna.org/">https://www.insna.org/</a> ; The KONECT Project.<br>URL: <a href="http://konect.cc/Link-group">http://konect.cc/Link-group</a><br>URL: <a href="http://www.linkgroup.hu/links.php">http://www.linkgroup.hu/links.php</a> ; Arenas Graphs. URL:<br><a href="https://www.kaggle.com/datasets/wolfram77/graphs-arenas">https://www.kaggle.com/datasets/wolfram77/graphs-arenas</a> ; Network data . URL: <a href="http://www-personal.umich.edu/~mejn/netdata/">http://www-personal.umich.edu/~mejn/netdata/</a> ; Complex Network Resources. URL:<br><a href="https://math.nist.gov/~RPozo/complex_datasets.html">https://math.nist.gov/~RPozo/complex_datasets.html</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 14 | Инструменты сетевого анализа | Визуализация. Визуальные представления сложных сетей важны для понимания сетевых данных и доведения результатов анализа до пользователя . Визуализация также часто облегчает качественную интерпретацию сетевых данных. При визуализации, инструменты сетевого анализа используются для изменения макета, цветов, размера и других свойств представления сети. Gephi — программное обеспечение для визуализации и исследования всех видов графов и сетей. Cytoscape — это программная платформа с открытым исходным кодом для визуализации сложных сетей и их интеграции с атрибутивными данными любого типа. Graphviz - программное обеспечение визуализации графов с открытым исходным кодом, представляющее структурную информацию в виде диаграмм абстрактных графов и сетей. Имеет важные приложения в сетях, биоинформатике, программной инженерии, разработке баз данных и веб-проектов, машинном обучении, а также в визуальных интерфейсах для других технических областей. . MuxViz позволяет визуализировать и анализировать взаимосвязанные многоуровневые сети. Он поддерживает анализ многослойных данных: многослойный корреляционный анализ; Многослойный анализ центральности и кольцевое представление; Обнаружение многослойной структуры сообщества; Многослойная структурная сводимость; Анализ многослойных мотивов; Анимированная визуализация динамических процессов и изменяющихся во времени многослойных сетей. |

#### 4.3 Перечень лабораторных работ

##### Семестр № 1

| № | Наименование лабораторной работы                    | Кол-во академических часов |
|---|-----------------------------------------------------|----------------------------|
| 1 | Поиск путей на графе                                | 2                          |
| 2 | Конвертирование сетеподобной сложной системы в сеть | 2                          |

|   |                                                                            |   |
|---|----------------------------------------------------------------------------|---|
| 3 | Анализ топологической уязвимости сетевой структуры                         | 2 |
| 4 | Сетевая онтология несетепоподобной структуры                               | 4 |
| 5 | Конвертирование несетепоподобных данных в комплексную сеть                 | 4 |
| 6 | Основные приемы работы с инструментом сетевого анализа Gephi               | 2 |
| 7 | Плагины инструмента сетевого анализа Gephi                                 | 4 |
| 8 | Статистический анализ сети , построенной с помощью разработанной онтологии | 4 |
| 9 | Визуализация сети , построенной с помощью разработанной онтологии          | 4 |

#### 4.4 Перечень практических занятий

Практических занятий не предусмотрено

#### 4.5 Самостоятельная работа

##### Семестр № 1

| № | Вид СРС                                                   | Кол-во академических часов |
|---|-----------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1 | Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам | 16                         |
| 2 | Проработка разделов теоретического материала              | 84                         |
| 3 | Создание математических и графических моделей процессов   | 24                         |

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: Компьютерные симуляции, проект

#### 5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

##### 5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

##### 5.1.1 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Лабораторные работы направлены на получение навыков применения методов, моделей и инструментов сетевого анализа в решении нестандартных задач технологической, естественнонаучной и социально-экономической сферы , в том числе навыков представления данных в сетевом формате , работы с хранилищами сетевых данных и отбора значимой информации а области науки о сетях.

Ход работы (при выполнении лабораторной работы)

1. Выслушать указания преподавателя;
2. Выполнить предложенные задания ;
3. Сформировать отчет;
4. Ответить на вопросы преподавателя.

##### 5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Цель работы: Создание математических и графических моделей сетевых процессов.  
Основные рекомендации по выполнению заданий: Создание математических и графических моделей сетевых процессов выполняется студентами самостоятельно, используя методические материалы к лабораторным работам, дополнительный материал и открытые источники сети Интернет  
Проработка отдельных разделов теоретического курса  
Цель работы: Глубоко проработать все разделы курса  
Основные рекомендации по выполнению заданий: Проработка выполняется студентами самостоятельно, используя дополнительный материал и открытые источники сети Интернет.

## **6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине**

### **6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля**

#### **6.1.1 семестр 1 | Устный опрос**

##### **Описание процедуры.**

##### **1. Входной контроль (ВК)**

Описание процедуры:

Проведение оценочного расчета

Пример задания:

Тема 7. Топологические риски, устойчивость и уязвимость сетевых структур: Провести сравнение уязвимостей сетей различной топологии

##### **2. Устный опрос**

Тема 1 Введение в науку о сетях:

Описание процедуры:

Текущий контроль полученных знаний и готовности восприятия новых

Пример задания:

Различие терминов, используемых в науке о сетях и теории графов.

Тема 2. Задачи на графах:

Описание процедуры:

Текущий контроль полученных знаний и готовности восприятия новых

Пример задания:

Сложность задачи коммивояжёра.

Тема 3. Сетевые метрики:

Описание процедуры:

Текущий контроль полученных знаний и готовности восприятия новых

Пример задания:

Оценка локального коэффициента кластеризации на простом примере.

Тема 4. Генерация сетей:

Описание процедуры:

Текущий контроль полученных знаний и готовности восприятия новых

Пример задания:

Формальное определение сети малого мира

Тема 5. Сообщества в комплексных сетях:

Описание процедуры:

Текущий контроль полученных знаний и готовности восприятия новых

Пример задания:

Примеры перекрывающихся и неперекрывающихся сообществ .

Тема 6. Сетевое представление сетеподобной структуры сложной системы:

Описание процедуры:

Текущий контроль полученных знаний и готовности восприятия новых

Пример задания:

Примеры моделей L- и P-.

Тема 7. Топологические риски, устойчивость и уязвимость сетевых структур:

Описание процедуры:

Текущий контроль полученных знаний и готовности восприятия новых

Пример задания:

Сравнение уязвимостей сетей регулярной, случайной и безмасштабной.

Тема 8. Сетевое описание схожих с эпидемиями процессов распространения в сложной системе:

Описание процедуры:

Текущий контроль полученных знаний и готовности восприятия новых

Пример задания:

Варианты SEIR модели.

Тема 9. Трансформация неструктурированных данных в комплексные сети:

Описание процедуры:

Текущий контроль полученных знаний и готовности восприятия новых

Пример задания:

Алгоритмы NVG и HVG конвертирования временных рядов в сети.

Тема 10. Многослойные сети:

Описание процедуры:

Текущий контроль полученных знаний и готовности восприятия новых

Пример задания:

Отличие взаимосвязанной сети, мультиплекса и стволовой сети.

Тема 11. Крупномасштабные сети:

Описание процедуры:

Текущий контроль полученных знаний и готовности восприятия новых

Пример задания:

Оценка фрактальной размерности.

Тема 12. Практические примеры сетевых структур:

Описание процедуры:

Текущий контроль полученных знаний и готовности восприятия новых

Пример задания:

Примеры и сетевые характеристики критических инфраструктур.

Тема 13. Хранилища сетевых данных:

Описание процедуры:

Текущий контроль полученных знаний и готовности восприятия новых

Пример задания:

Примеры и особенности репозиторий с сетевыми данными.

Тема 14. Инструменты сетевого анализа:

Описание процедуры:

Текущий контроль полученных знаний и готовности восприятия новых

Пример задания:

Возможности географической привязки сети средствами Gephi .

### **Критерии оценивания.**

1. Правильность и творческий подход к оценочному расчету
2. Опрос считается успешным, если получены развернутые ответы на поставленные вопросы

### **6.1.2 семестр 1 | Отчет**

#### **Описание процедуры.**

Текущий контроль полученных знаний и готовности восприятия новых

Пример задания:

Примеры моделей L- и P- транспортных сетей.

### **Критерии оценивания.**

Отчет считается принятым, если представлено детальное описание с сравнение L-и P-моделей

### **6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

#### **6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации**

| <b>Индикатор достижения компетенции</b> | <b>Критерии оценивания</b>                                                                                                                                                                                                                | <b>Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации</b>      |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| ОПК-1.4                                 | Способность решать нестандартные профессиональные задачи в области компьютерных сетей и телекоммуникационных систем, в том числе в новой или незнакомой среде с применением математических, естественнонаучных и профессиональных знаний. | Опрос, ответы на вопросы, отчеты о выполнении лабораторных работ. |
| ОПК-7.1                                 | Способность решать профессиональные задачи в области компьютерных сетей и телекоммуникационных систем, в том                                                                                                                              | Опрос, ответы на вопросы, отчеты о выполнении лабораторных        |

|  |                                                                                                                                       |        |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
|  | числе адаптировать зарубежные комплексы обработки информации и автоматизированного проектирования к нуждам отечественных предприятий. | работ. |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|

## 6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

### 6.2.2.1 Семестр 1, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

#### 6.2.2.1.1 Описание процедуры

Экзаменационная процедура охватывает результаты выполнения лабораторных работ, посещение лекций и устные ответы на вопросы из экзаменационного билета. Для допуска к экзамену, как правило, обучающемуся необходимо выполнить и защитить все лабораторные работы. В ходе экзамена обучающийся должен устно ответить на вопросы билета. Допускается письменный ответ на вопросы билета на экзамене (по решению преподавателя). При этом вопросы охватывают весь пройденный ( в т.ч. самостоятельно ) материал программы . Обучающемуся задаются не более трех четко сформулированных вопросов из различных разделов, тем программы, рассчитанных по объему на ответ студента в течение до 15 минут. Преподаватель может задавать уточняющие вопросы по существу ответа и дополнительные вопросы по программе данной учебной дисциплины из числа заданий пройденных лабораторных работ (в случае выполнения лабораторных работ не в полном объеме). В состав экзаменационных билетов входят следующие вопросы:

1. Случайные сети
2. Безмасштабные сети
3. Сети малого мира
4. Распределение связности в сетевых структурах
5. Модулярность
6. Размер сети. Эксцентриситет, диаметр, радиус сети.
7. Кратчайшая длина пути. Алгоритм Дейкстры
8. Коэффициент кластеризации
9. Ассортативность и дисассортативность
10. Центральности узлов: Центральность по степени, центральность по близости, , центральность мостовая
11. Центральности узлов: центральность по собственному вектору, центральность Каца, альфа- центральность, PageRank
12. Центральности сетей: с точки зрения степеней, близости и промежуточности
13. Сети со свойствами
14. Масштабность в сетях. Сетевой масштаб. Числа Данбэра. Крупномасштабные сети
15. Многослойные сети . Взаимосвязанные сети и мультиплексы
16. Взаимозависимые сети
17. Временные сети
18. Отличие сетей от графов
19. Эффективность сети
20. Модели предпочтительного присоединения: Модель Барабаши Альберт
21. Модели предпочтительного присоединения: Фитнес-модель: Сеть Бьянкони – Барабаши
22. Модели предпочтительного присоединения: Гомофильная модель
23. Модели предпочтительного присоединения: Сети с евклидовым расстоянием

24. Генератор R-MAT
25. Алгоритмы конвертирования временных рядов в сети: алгоритмы видимости
26. Алгоритмы конвертирования временных рядов в сети: транзитивные алгоритмы
27. Алгоритмы конвертирования временных рядов в сети: алгоритмы близости
28. Основные приемы конвертирования изображений в сеть
29. Основные приемы конвертирования текстового материала в сеть
30. Приемы масштабирования и огрубления в трансформации данных в комплексную сеть
31. Дуализм временных рядов и сетей
32. L- и P- модели транспортных сетей
33. Связь сетевых метрик и макроскопических параметров
34. Сообщества в сетях
35. Скрытые элементы сети. Поиск скрытых узлов, связей и сообществ
36. Сходство (подобие) сетевых элементов, алгоритмы оценки схожести
37. Случайные блуждания в сети
38. Оценка размера сети
39. Сети с ограничениями
40. Согласование сетей
41. Топологическая уязвимость сетей : метрики уязвимости
42. Каскады в сетях
43. Перестройка топологии как защитная стратегия
44. Затратная модель защиты сети : структурная оптимизация
45. Эпидемические процессы в сетях: пороговое и беспороговое распространение
46. Эпидемические процессы в сетях: SIR – модель
47. Сравнительные сетевые характеристики социально-экономических, технологических и природных систем.
48. Сила слабых связей : Марк Грановеттер
49. Значимые репозитории сетевых данных
50. Основные раскладки в визуализации сети средствами инструмента Gephi
51. Возможности, предоставляемые Gephi с современным расширением путем подключения новых плагинов

#### Пример задания:

Примеры конвертирования технологических временных рядов в сети.

#### **6.2.2.1.2 Критерии оценивания**

| <b>Отлично</b>                                                                                                                                | <b>Хорошо</b>                                                                                                            | <b>Удовлетворительно</b>                                                                                                                                                  | <b>Неудовлетворительно</b>                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Обучающийся демонстрирует -всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала; -умение свободно выполнять задания, | Обучающийся демонстрирует -полное знание учебного материала, с успешным выполнением предусмотренных в программе заданий, | Обучающийся демонстрирует знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, - умение выполнять | Обучающийся демонстрирует -пробелы в знаниях основного учебно-программного материала; - принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. - явную |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>предусмотренные программой, усвоивший основную образовательную программу дисциплины и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой; - владение понятиями дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, и проявляет творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала</p> | <p>-усвоение основной литературы, рекомендованной в программе, наряду с систематическим характером знаний</p> <p>и</p> <p>способность к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работе и профессиональной деятельности.</p> | <p>задания, предусмотренные программой; -знакомство с основной литературой, рекомендованной программой; - некоторые погрешности в ответах на экзаменационные вопросы, но с возможностью их устранения под руководством преподавателя.</p> | <p>невозможность продолжить обучение и приступить к эффективной профессиональной деятельности по окончании вуза.</p> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 7 Основная учебная литература

1. Харари Ф. Теория графов : пер. с англ. / Ф. Харари, 1973. - 300.
2. Графы. Применение графов в транспортных и производственных сетях : методические указания / Иркут. гос. техн. ун-т, 2013. - 36.
3. Исаева Г. А. Графы и сетевые модели : пособие для специальности 06.07.00 "Национальная экономика" / Исаева Г. А., 2006. - 47.

## 8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Харари Фрэнк. Теория графов / Ф. Харари; Пер. с англ. и предисл. В. П. Козырева, 2003. - 300.
2. Бурков В. Н. Теория графов в управлении организационными системами : учеб. пособие по специальности 010300 "Прикладные математика и физика" специализации " Прикладные информ. технологии в упр. и бизнесе" / В. Н. Бурков, А. Ю. Заложнев, Д. А. Новиков, 2001. - 115.
3. Компьютерные сети [Электронный ресурс] : рабочая программа учебной дисциплины для студентов специальности "Компьютерные программы и комплексы" / Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2019. - 13.

4. Алексеев В. Е. Графы и алгоритмы. Структуры данных. Модели вычислений : учебник по специальности 010200 - Прикладная математика и информатика и по направлению 510200 - Прикладная математика и информатика / В. Е. Алексеев, В. А. Таланов, 2012. - 318, [1].

#### **9 Ресурсы сети Интернет**

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

#### **10 Профессиональные базы данных**

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

#### **11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем**

1. Microsoft Windows Seven Professional [1x100] RUS (проведен апгрейд с Microsoft Windows Seven Starter [1x100]) - поставка 2010
2. Microsoft Office 2007 Standard - 2003 Suites и 2007 Suites - поставка 2010

#### **12 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

1. Проектор Epson EB-W04LCD.WXGA 1280\*800.3000:1.2800 ANSI Lumens
2. Intel Pentium CD G870@ 3.10 GHz/4Gb