|  |
| --- |
| утверждаю  Руководитель Департамента  анализа данных, принятия решений и финансовой информации  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.И. Соловьев  «15» октября 2019 г. |
|  |

ПРИЛОЖЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**ПРИКЛАДНЫЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ**

**ТЕОРИИ СЛОЖНЫХ СЕТЕЙ**

Направление подготовки: **01.04.02 «Прикладная математика и информатика»**

Направленности программы магистратуры: «**Анализ больших данных и машинное обучение в экономике и финансах»; «Технологии блокчейн и криптовалюты»**

Форма обучения: **Очная**

Год приема: **2019, 2020**

Год утверждения программы: 2017 год

*Одобрено департаментом анализа данных, принятия решений и финансовых технологий*

*Протокол от «15» октября 2019 г. № 3*

|  |  |
| --- | --- |
| **Наименование разделов РПД** | **стр.** |
| Перечень планируемых результатов освоения образовательной программы (перечень компетенций) с указанием индикаторов их достижения и планируемых результатов обучения по дисциплине | 2 |
| Место дисциплины в структуре образовательной программы | 5 |
| Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах и в академических часах с выделением объема аудиторной (лекции, семинары) и самостоятельной работы обучающихся | 5 |
| Учебно-тематический план | 6 |
| Содержание семинаров, практических занятий | 9 |
| Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение дисциплины, формы внеаудиторной самостоятельной работы | 11 |
| Перечень вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю | 12 |
| Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине | 13 |
| Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем | 17 |

**2. Перечень планируемых результатов освоения образовательной программы (перечень компетенций) с указанием индикаторов их достижения и планируемых результатов обучения по дисциплине**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Код компетенции** | **Наименование компетенции** | **Индикаторы достижения компетенции[[1]](#footnote-1)** | **Результаты обучения (владения[[2]](#footnote-2), умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции** |
| *НПМ Анализ больших данных и машинное обучение в экономике и финансах* | | | |
| ДКН - 1 | Способность проводить поиск источников данных, подготавливать данные для анализа, визуализировать данные | 1.Демонстрирует знание общих принципов визуального представления абстрактных понятий.  2.Проводит поиск источников данных, подготавливает данные для анализа, визуализирует данные.  3.Владеет профессиональной терминологией в области инфографики, техникой создания 2D и 3D образов цифровых данных и их использования для информационной поддержки при принятии решений. | **Знать**: принципов визуального представления абстрактных понятий  **Уметь**: владение общими принципами визуального представления абстрактных понятий  **Знать**: специфику сбору данных в форматах представления сетей из различных источников  **Уметь**: автоматизировать сбор данных в форматах представления сетей из различных источников; автоматизировать сбору данных в форматах представления сетей из различных источников  **Знать**: профессиональную терминологию в области инфографики  **Уметь**: использовать профессиональную терминологию в области инфографики |
| ДКН - 2 | Способность применять методы регрессионного, факторного, кластерного и дискриминантного анализа, анализа нечисловой информации и теории сложных сетей к решению прикладных задач в экономике и финансах | 1.Владеет методами регрессивного, факторного, кластерного и дискриминантного анализа.  2.Анализирует нечисловую информацию и владеет методами теории сложных сетей.  3.Решает прикладные экономические и финансовые задачи методами регрессивного, факторного, кластерного и дискриминантного анализа, анализа нечисловой информации и теории сложных сетей. | **Знать:** методы регрессивного, факторного, кластерного и дискриминантного анализа  **Уметь:** решать задачи анализа сетевых структуры методами регрессивного, факторного, кластерного и дискриминантного анализа  **Знать:** методы и модели теории сложных сетей.  **Уметь:** применять методы и модели теории сложных сетей.  **Знать:** способы формулирования прикладных экономических и финансовых задач методами ТСС.  **Уметь:** решать прикладные экономические и финансовые задачи методами теории сложных сетей. |
| *НПМ:Технологии блокчейн и криптовалюты* | | | |
| ДКН-1 | Способность применять технологии блокчейн и смарт-контракты к решению прикладных задач в экономике и финансах | 1.Решает вопрос о целесообразности применения технологии блокчейн для решения прикладной задачи.  2.Формулирует предложения по созданию новых подходов для решения имеющихся задач.  3.Формулирует новые задачи, способствующие развитию отрасли, и предлагает пути их решения с использованием технологии блокчейн. | **Знать:** методы основы технологий блокчейн.  **Уметь:** решать задачи анализа применимости технологий блокчейн для решения прикладных задач.  **Знать:** методы формального описания подходов к решению задачи.  **Уметь:** решать задачи генерации предложений по созданию новых подходов для решения имеющихся задач.  **Знать:** существующие задачи, способствующие развитию отрасли.  **Уметь:** формулировать новые задачи, способствующие развитию отрасли, и предлагать пути их решения. |
| ОПК-1 | Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики | 1.Демонстрирует знания в области фундаментальной и прикладной математики.  2.Системно выбирает математические методы для решения прикладных задач.  3.Осуществляет решение актуальных задач с использованием математических методов, в том числе методов обработки больших данных и машинного обучения. | **Знать:** методы и модели прикладной математики из области теории сложных сетей.  **Уметь:** применять методы и модели прикладной математики из области теории сложных сетей.  **Знать: спектр** методов и моделей теории сложных сетей.  **Уметь:** системно выбирать методы и модели для решения прикладных задач теории сложных сетей.  **Знать:** способы решения актуальных задач методами ТСС.  **Уметь:** решать актуальные прикладные экономические и финансовые задачи методами теории сложных сетей. |
| УК-1 | Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий | 1.Использует методы абстрактного мышления, анализа информации и синтеза проблемных ситуаций, формализованных моделей процессов и явлений в профессиональной деятельности.  2.Демонстрирует способы осмысления и критического анализа проблемных ситуаций.  3.Предлагает нестандартное решение проблем, новые оригинальные проекты, вырабатывает стратегию действий на основе системного похода. | **Знать:** методы анализа информации и синтеза проблемных ситуаций.  **Уметь:** применять методы абстрактного мышления для задач анализа информации и синтеза проблемных ситуаций.  **Знать:** методы способы осмысления проблемных ситуаций, в том числе методы формализации моделей для реальных явлений.  **Уметь:** выполнять формализацию реальных явлений для критического анализа проблемных ситуаций.  **Знать:** стандартные методы решения проблем, способы формулирования стратегии действий.  **Уметь:** предлагать нестандартное решение проблем, вырабатывать стратегию действий. |

**3. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина ***Прикладные модели и методы теории сложных сетей*** относится к Модулю дисциплин по выбору, углубляющих освоение программы магистратуры «Технологии блокчейн и криптовалюты» направления подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика».

**4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах и в академических часах с выделением объема аудиторной (лекции, семинары) и самостоятельной работы обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Вид промежуточной аттестации: зачет

Вид текущего контроля – контрольная работа.

*НПМ: «Технологии блокчейн и криптовалюты»*

*Очная форма обучения, 2019 г.*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Вид учебной работы по дисциплине** | **Всего**  **(в з/е и часах)** | **Модуль 5**  **(в часах)** |
| **Общая трудоемкость дисциплины** | **3/108** | **108** |
| ***Контактная работа-Аудиторные занятия*** | **32** | **32** |
| *Лекции* | 8 | 8 |
| *Семинары, практические занятия* | 24 | 24 |
| **Самостоятельная работа** | **76** | **76** |
| Вид текущего контроля | Контрольная работа | Контрольная работа |
| Вид промежуточной аттестации | Зачет | Зачет |

*НПМ: «Анализ больших данных и машинное обучение в экономике и финансах»*

*Очная форма обучения 2019, 2020 год*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Вид учебной работы по дисциплине** | **Всего**  **(в з/е и часах)** | **Модуль 4**  **(в часах)** |
| **Общая трудоемкость дисциплины** | **3/108** | **108** |
| ***Контактная работа-Аудиторные занятия*** | **40** | **40** |
| *Лекции* | 10 | 10 |
| *Семинары, практические занятия* | 30 | 30 |
| **Самостоятельная работа** | **68** | **68** |
| Вид текущего контроля | Контрольная работа | Контрольная работа |
| Вид промежуточной аттестации | Зачет | Зачет |

**5.2. Учебно – тематический план**

*НПМ «Технологии блокчейн и криптовалюты»*

*Очная форма обучения 2019 г.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | **Наименование тем (разделов) дисциплины** | **Трудоемкость в часах** | | | | | | **Формы текущего контроля успеваемости** |
| **Все**  **го** | **Аудиторная работа** | | | | **Самостоятельная работа** |
| Общая, в т.ч.: | Лекции | Семинары, практические занятия | Занятия в интерактивных формах |
| 1. | Базовые понятия теории сетей и введение в библиотеку NetworkX | 11 | 3 | 1 | 2 | 1 | 8 | Устный опрос, проверка практических заданий |
| 2. | Базовые метрики и свойства сетей и модели формирования случайных сетей | 11 | 3 | 1 | 2 | 1 | 8 | Устный опрос, проверка практических заданий |
| 3. | Модели роста сетей | 13 | 3 | 1 | 2 | 1 | 10 | Устный опрос, проверка практических заданий |
| 4. | Модели тесного мира и самоподобные сети | 13 | 5 | 1 | 4 | 1 | 8 | Устный опрос, проверка практических заданий |
| 5. | Работа с данными о сетях и графовые базы данных | 13 | 5 | 1 | 4 | 1 | 8 | Устный опрос, проверка практических заданий |
| 6. | Метрики центральности в сетях | 11 | 3 | 1 | 2 | 1 | 8 | Устный опрос, проверка практических заданий |
| 7. | Сообщества в сетях | 11 | 3 | 1 | 2 | 1 | 8 | Устный опрос, проверка практических заданий |
| 8. | Визуализация сетей | 9 | 3 | 1 | 2 | 0 | 6 | Устный опрос, проверка практических заданий |
| 9. | Процессы в сетях: диффузия и пороговые модели | 8 | 2 | 0 | 2 | 1 | 6 | Устный опрос, проверка практических заданий |
| 10. | Сети с пространственной привязкой | 8 | 2 | 0 | 2 | 1 | 6 | Устный опрос, проверка практических заданий |
|  | В целом по дисциплине | 108 | 32 | 8 | 24 | 8 | 76 | Контрольная работа |
|  | Итого в % |  |  |  |  | 25% |  |  |

*НПМ «Анализ больших данных и машинное обучение в экономике и финансах»*

*Очная форма обучения 2019,2020 г.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | **Наименование тем (разделов) дисциплины** | **Трудоемкость в часах** | | | | | | **Формы текущего контроля успеваемости** |
| **Все**  **го** | **Аудиторная работа** | | | | **Самостоятельная работа** |
| Общ  ая, в т.ч.: | Лекции | Семина  ры, практические занятия | Занятия в интерактивных формах |
| 1. | Базовые понятия теории сетей и введение в библиотеку NetworkX | 13 | 5 | 1 | 4 | 1 | 8 | Устный опрос, проверка практических заданий |
| 2. | Базовые метрики и свойства сетей и модели формирования случайных сетей | 13 | 5 | 1 | 4 | 1 | 8 | Устный опрос, проверка практических заданий |
| 3. | Модели роста сетей | 13 | 5 | 1 | 4 | 1 | 8 | Устный опрос, проверка практических заданий |
| 4. | Модели тесного мира и самоподобные сети | 13 | 5 | 1 | 4 | 1 | 8 | Устный опрос, проверка практических заданий |
| 5. | Работа с данными о сетях и графовые базы данных | 11 | 5 | 1 | 4 | 1 | 6 | Устный опрос, проверка практических заданий |
| 6. | Метрики центральности в сетях | 9 | 3 | 1 | 2 | 1 | 6 | Устный опрос, проверка практических заданий |
| 7. | Сообщества в сетях | 9 | 3 | 1 | 2 | 1 | 6 | Устный опрос, проверка практических заданий |
| 8. | Визуализация сетей | 9 | 3 | 1 | 2 | 1 | 6 | Устный опрос, проверка практических заданий |
| 9. | Процессы в сетях: диффузия и пороговые модели | 9 | 3 | 1 | 2 | 1 | 6 | Устный опрос, проверка практических заданий |
| 10. | Сети с пространственной привязкой | 9 | 3 | 1 | 2 | 1 | 6 | Устный опрос, проверка практических заданий |
|  | В целом по дисциплине | 108 | 40 | 10 | 30 | 10 | 68 | Контрольная работа |
|  | Итого в % |  |  |  |  | 25% |  |  |

**5.3. Содержание семинаров, практических занятий**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Наименование темы**  **(раздела) дисциплины** | **Перечень вопросов для обсуждения на семинарских;**  **рекомендуемые источники из разделов 8,9 (указывается раздел и порядковый номер источника)** | **Формы**  **проведения занятий** |
| Тема 1. Базовые понятия теории сложных сетей и введение в библиотеку NetworkX | Знакомство с базовыми понятиями теории сложных сетей информационными технологиями анализа сложных сетей  Входной контроль. Изучение технологического стека анализа сложных сетей, построенного на базе языка программирования Python и библиотеке NetworkX.  *Рекомендуемые источники: 8.5,6,7; 9.1 - 9.4.* | Индивидуальное выполнение заданий, групповой разбор результатов выполнения заданий (33% времени на интерактивные технологии) |
| Тема 2 Базовые метрики и свойства сетей и модели формирования случайных сетей | Локальные и интегральные свойства в сетях, метрики сетей, модели формирования случайных сетей, анализ распределения степеней узлов.  *Рекомендуемые источники: 8.5,6,7; 9.4* | Индивидуальное выполнение заданий, групповой разбор результатов выполнения заданий (33% времени на интерактивные технологии) |
| Тема 3 Модели роста сетей | Модели роста сетей, содержательная интерпретация хвоста распределения степеней узлов для этих моделей.  Ассортативность, коэффициент ассортативности.  *Рекомендуемые источники: 8.5,6,7; 9.4* | Индивидуальное выполнение заданий, групповой разбор результатов выполнения заданий (33% времени на интерактивные технологии) |
| Тема 4 Модели тесного мира и самоподобные сети | Сети в виде регулярных решеток и их параметры. Феномен «тесного мира» и модели сетей «тесного мира». Проблема построения критерия принадлежности сети к сетям «тесного мира». Самоподобные (фрактальные) сети и фрактальная размерность сетей.  *Рекомендуемые источники:8.5,6,7; 9.4* | Индивидуальное выполнение заданий, групповой разбор результатов выполнения заданий (33% времени на интерактивные технологии) |
| Тема 5 Работа с данными о сетях и графовые базы данных | Получение данных о сетях из различных источников. Интеграция по данным NetworkX с другими инструментами анализа сетей.  Графовые базы данных: обзор решений, языки запросов и интерфейсы для работы с сетями.  *Рекомендуемые источники:8.5,6,7;9.1-9.4.* | Индивидуальное выполнение заданий, групповой разбор результатов выполнения заданий (33% времени на интерактивные технологии) |
| Тема 6 Метрики центральности в сетях | Понятие центральности узлов в сети и различные метрики центральности.  Алгоритм PageRank и родственные алгоритмы.  *Рекомендуемые источники: 8.5,6, 7; 9.4.* | Индивидуальное выполнение заданий, групповой разбор результатов выполнения заданий (33% времени на интерактивные технологии) |
| Тема 7. Сообщества в сетях | Понятие сетевых сообществ. Плотность связей в сети. Разделение сети на части. Степень посредничества связей, алгоритм Гирвана-Ньюмана и спектральные методы.  *Рекомендуемые источники: 8.5,6,7; 9.4.* | Выполнение практических заданий на компьютере, работа в группах (33% времени на интерактивные технологии). |
| Тема 8. Визуализация сетей | Проблема визуализации сетей. Рассмотрение различных размещений узлов при визуализации. Знакомство с различными инструментами визуализации сетей.  *Рекомендуемые источники: 8.5,6,7; 9.1. – 9.4.* | Выполнение практических заданий на компьютере, работа в группах (33% времени на интерактивные технологии). |
| Тема 9. Процессы в сетях: диффузия и пороговые модели | Случайное блуждание в сетях. Процессы в сетях, пороговые и каскадные модели в сетях.  *Рекомендуемые источники: 8.5,6,7; 9.4* | Выполнение практических заданий на компьютере, работа в группах (33% времени на интерактивные технологии). |
| Тема 10. Сети с пространственной привязкой | Модели сетей с пространственной привязкой: геометрический граф  Пространственно-оптимальные сети.  Пространственные варианты «тесного мира» и моделей роста сетей.  *Рекомендуемые источники: 8.5,6,7; 9.1. – 9.4.* | Выполнение практических заданий на компьютере, работа в группах (33% времени на интерактивные технологии). |

**6.1. Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение дисциплины, формы внеаудиторной самостоятельной работы**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Наименование тем (разделов) дисциплины** | **Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение программы** | **Формы внеаудиторной самостоятельной работы** |
| Тема 1. Базовые понятия теории сложных сетей и введение в библиотеку NetworkX | Знакомство с интерактивной оболочкой Jupyther notebook. Изучение принципов работы и применения для решения задач анализа сложных сетей.  Знакомство с базовыми возможностями библиотеки NetworkX и решение базовых задач подготовительных операций для выполнения анализа сложных сетей. | Самостоятельное решение задач на ЭВМ с помощью библиотеки NetworkX |
| Тема 2 Базовые метрики и свойства сетей и модели формирования случайных сетей | Определение степеней узлов сети, построение функции распределения степеней узлов сети и визуализации этого распределения. | Самостоятельное решение задач на ЭВМ с помощью библиотеки NetworkX |
| Тема 3 Модели роста сетей | Определение ассортативности в моделях роста сетей. Визуализация ассортативности на диаграммах. | Самостоятельное решение задач на ЭВМ с помощью библиотеки NetworkX |
| Тема 4 Модели тесного мира и самоподобные сети | Построение самоподобных сетей и расчёта их фрактальной размерности.  Латтисизация сетей и расчет критерия принадлежности сети к сетям малого мира. | Самостоятельное решение задач на ЭВМ с помощью библиотеки NetworkX |
| Тема 5 Работа с данными о сетях и графовые базы данных | Импорт данных о сети в графовую базу данных neo4j, построение простых запросов к данным в neo4j. | Самостоятельное решение задач на ЭВМ с помощью библиотеки NetworkX |
| Тема 6 Метрики центральности в сетях | Применение алгоритма PageRank для реальных и сгенерированных сетей. | Самостоятельное решение задач на ЭВМ с помощью библиотеки NetworkX |
| Тема 7. Сообщества в сетях | Выявление сообществ алгоритмом Гирвана-Ньюмена. | Самостоятельное решение задач на ЭВМ с помощью библиотеки NetworkX |
| Тема 8. Визуализация сетей | Визуализация сетей с помощью силового размещения: алгоритм Фрюхтермана-Рейнгольда, алгоритм Камада-Каваи, алгоритм GraphOpt. | Самостоятельное решение задач на ЭВМ с помощью библиотеки NetworkX |
| Тема 9. Процессы в сетях: диффузия и пороговые модели | Моделирование порогового коллективного действия. | Самостоятельное решение задач на ЭВМ с помощью библиотеки NetworkX |
| Тема 10. Сети с пространственной привязкой | Модели роста сетей | Самостоятельное решение задач на ЭВМ с помощью библиотеки NetworkX |

**6.2. Перечень вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю**

**Примерный перечень заданий контрольной работы**

1. Реализовать алгоритм построения модифицированного алгоритма геометрического графа для плоскости.
2. Визуализировать построенную сеть с корректной привязкой узлов к координатам рисунка.
3. Визуализировать построенную сеть с корректной привязкой узлов к координатам рисунка и размером узлов, пропорционально их степени.
4. Для визуализированного графика построить (точечный) график плотности распределения степеней узлов (в обычной, полулогарифмической (логарифмической только по вертикальной оси) и логарифмической (по 2м осям) системе координат).
5. Построить (точечный) график плотности распределения степеней узлов в обычной системе координат.
6. Построить (точечный) график плотности распределения степеней узлов в полулогарифмической (логарифмической только по вертикальной оси) системе координат.
7. Построить (точечный) график плотности распределения степеней узлов в логарифмической (по 2м осям) системе координат.
8. **Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Перечень компетенций с указанием индикаторов их достижения в процессе освоения образовательной программы содержится в разделе 2. «Перечень планируемых результатов освоения образовательной программы с указанием индикаторов их достижения и планируемых результатов обучения по дисциплине».

**Типовые контрольные задания или иные материалы необходимые для оценки индикаторов достижения компетенций, умений и знаний**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Код компетенций** | **Наименование компетенций** | **Примеры заданий для оценки индикаторов компетенций** |
| ***НПМ Анализ больших данных и машинное обучение в экономике и финансах*** | | |
| ДКН - 1 | Способность проводить поиск источников данных, подготавливать данные для анализа, визуализировать данные | **1.Демонстрирует знание общих принципов визуального представления абстрактных понятий.**  **Задание 1.**  Визуализируйте сетевую структуру, соответствующую одной из эмпирических социальных сетей.  **2.Проводит поиск источников данных, подготавливает данные для анализа, визуализирует данные.**  **Задание 2.**  Соберите данные для двудольной сети о товарах и хэштегах для товаров их открытых источников.  **3.Владеет профессиональной терминологией в области инфографики, техникой создания 2D и 3D образов цифровых данных и их использования для информационной поддержки при принятии решений.**  **Задание 3.**  Перечислите визуальные объекты которые будут использоваться при визуализации сетевой структуры, соответствующей одной из эмпирических социальных сетей. |
| ДКН - 2 | Способность применять методы регрессионного, факторного, кластерного и дискриминантного анализа, анализа нечисловой информации и теории сложных сетей к решению прикладных задач в экономике и финансах | **1.Владеет методами регрессивного, факторного, кластерного и дискриминантного анализа.**  **Задание 1.**  Проведите регрессионный анализ количественного атрибута, хранящегося в атрибутах структуры данных PropertyGraph.  **2.Анализирует нечисловую информацию и владеет методами теории сложных сетей.**  **Задание 2.**  Сформулируйте не менее 3х моделей теории сложных сетей.  **3.Решает прикладные экономические и финансовые задачи методами регрессивного, факторного, кластерного и дискриминантного анализа, анализа нечисловой информации и теории сложных сетей.**  **Задание 3.**  Опишите процедуру построения рекомендательной системы для интеренет-магазина основанной на использовании методов теории сложных сетей. |
| ***НПМ Технологии блокчейн и криптовалюты*** | | |
| ДКН-1 | Способность применять технологии блокчейн и смарт-контракты к решению прикладных задач в экономике и финансах | **1.Решает вопрос о целесообразности применения технологии блокчейн для решения прикладной задачи.**  **Задание 1.**  Представьте бизнес-процесс или технологический процесс в рамках заключения смарт-контракта в виде сети (графа) взаимодействующих субъектов  **2.Формулирует предложения по созданию новых подходов для решения имеющихся задач.**  **Задание 2.**  Сформулируйте предложение для утверждения договора среди сети экономических агентов с использованием технологий блокчейн.  3.Формулирует новые задачи, способствующие развитию отрасли, и предлагает пути их решения с использованием технологии блокчейн.  **Задание 3.**  Придумайте новою задачу основанную на сети взаимодействующих агентов для использования технологии блокчейн. |
| ОПК-1 | Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики | **1.Демонстрирует знания в области фундаментальной и прикладной математики.**  **Задание 1.**  Сформулируйте не менее 3х моделей теории сложных сетей.  **2.Системно выбирает математические методы для решения прикладных задач.**  **Задание 2.**  Предложите одну из классических моделей ТСС для моделирования социальной сети.  **3.Осуществляет решение актуальных задач с использованием математических методов, в том числе методов обработки больших данных и машинного обучения.**  **Задание 3.**  Покажите, как анализ ассортотивности сети позволяет определить наличие предпочтительного присоединения к однотипным узлам (гомофилии) в сети взаимодействующих экономических субъектов |
| УК-1 | Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий | 1.Использует методы абстрактного мышления, анализа информации и синтеза проблемных ситуаций, формализованных моделей процессов и явлений в профессиональной деятельности.  **Задание 1.**  Опишите известные вам модели генерации сетей, обладающих свойствами, характерными для сложных сетей наблюдаемых эмпирически.  **2.Демонстрирует способы осмысления и критического анализа проблемных ситуаций.**  **Задание 2.**  Предложите одну из классических моделей ТСС для формализации процесса развития сети авиамаршрутов.  **3.Предлагает нестандартное решение проблем, новые оригинальные проекты, вырабатывает стратегию действий на основе системного похода.**  **Задание 3.**  Предложите оригинальный проект анализа данных, описанный в виде сетевой структуры. |

***Отдельные примеры практико-ориентированных (ситуационных) заданий***

1. Для заданной сети транспортных маршрутов постройте распределение степеней узлов сети. Постройте сеть по модели Барабаши-Альберта с аналогичным количеством узлов и средней степенью узлов. Сравните распределение степеней узлов двух сетей.
2. Для заданной сети социальных взаимодействий определите коэффициент кластеризации и среднюю длину пути. Постройте сеть по модели Ваттса-Строгатца с аналогичным количеством узлов и средней степенью узлов. В построенной модели проведите пересвязывание до достижения аналогичного коэффициента кластеризации, сравните среднюю длину путей в двух сетях.
3. Для заданной сети экономических взаимодействий определите коэффициент кластеризации и среднюю длину пути. Постройте сеть по модели Ваттса-Строгатца с аналогичным количеством узлов и средней степенью узлов. В построенной модели проведите пересвязывание до достижения аналогичной средней длины пути, сравните коэффициента кластеризации в двух сетях.
4. Для заданной сети экономических взаимодействий постройте диаграмму ассортотивности. Постройте аналогичную по количеству узлов и средней степени узлов самоподобную сеть, и проведите сравнительный анализ ассортативности узлов сетей с помощью диаграмм.
5. Для заданной сети социальных взаимодействий проведите разбиение сети на сообщества с помощью алогритма Гирвана-Ньюмена. Визуализируйте процесс разбиения сообществ и сеть с выделенными сообществами.

**Вопросы для подготовки к зачету**

1. Построение сложной сети по модели Барабаши-Альберта и построение распределения степеней узлов сети.
2. Построение сложной сети по случайному росту сети и построение распределения степеней узлов сети.
3. Построение самоподобной сложной сети и анализ ассортативности узлов сети с помощью диаграмм.
4. Построение сложной сети по модели Ваттса-Строгатца и анализ кластеризации и диаметра и средней длины пути в сети.
5. Разбиение сложной сети на сообщества с помощью алгоритма Гирвана-Ньюмена.
6. Разбиение сложной сети на сообщества с помощью алгоритма Лоувэйна, на основе меры модулярности.

**11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем**

11. 1. Комплект лицензионного программного обеспечения

1. Windows, Microsoft Office.

2. Антивирус ESET Endpoint Security

11.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Информационно-правовая система «Гарант»

2. Информационно-правовая система «Консультант Плюс»

3. Электронная энциклопедия: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Wiki>

4.Система комплексного раскрытия информации «СКРИН» -http://www.skrin.ru/

11.3. Сертифицированные программные и аппаратные средства защиты информации

- не используются

1. Заполняется при реализации актуализированных ОС ВО ФУ и ФГОС ВО3++ [↑](#footnote-ref-1)
2. Владения формулируются только при реализации ОС ВО ФУ первого поколения и ФГОС ВО 3+ [↑](#footnote-ref-2)