



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

«СОГЛАСОВАНО»  
Руководитель образовательной программы

  
А.С. Величко

«15» июля 2017 г.

«УТВЕРЖДАЮ»  
Заведующий кафедрой  
математических методов в экономике

  
А.С. Величко

«15» июля 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Экономические сети

**Направление подготовки 01.04.04 Прикладная математика**

магистерская программа «Аналитические, социальные и экономические сети»

**Форма подготовки очная**

курс 1 семестр 2

лекции не предусмотрены

практические занятия 0 час.

лабораторные работы 36 час.

в том числе с использованием МАО лек. 0 час. / пр. 0 час. / лаб. 0 час.

всего часов аудиторной нагрузки 36 час.

в том числе с использованием МАО 36 час.

самостоятельная работа 72 час.

в том числе на подготовку к экзамену 0 час.

контрольные работы (количество) 3

курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены

зачет 2 семестр

экзамен не предусмотрен

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДФУ, утвержденного приказом ректора от 07.07.2015 № 12-13-1282

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры математических методов в экономике, протокол №16 от «15» июля 2017 г.

Заведующий кафедрой математических методов в экономике, к.ф.-м.н., доцент А.С. Величко

Составитель:

профессор кафедры математических методов в экономике к.т.н., доцент А.Л. Абрамов

## АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Экономические сети» предназначена для студентов направления подготовки 01.04.04 «Прикладная математика», магистерская программа «Аналитические, социальные и экономические сети».

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов). Дисциплина реализуется на 1 курсе в 2-м семестре. Дисциплина входит в обязательные дисциплины вариативной части блока «Дисциплины (модули)». Дисциплина основана на знаниях, полученных студентом в курсах дискретной математики и теории графов и сетей.

Особенности построения курса: лабораторные работы (36 часов), самостоятельная работа (72 часа).

Содержание дисциплины охватывает следующий круг вопросов: стратегии формирования сетей и модели распространения потоков, волн, объектов в экономических сетях; равновесные и экстремальные задачи на сетях и графах.

**Цель** - развитие способности и готовности использовать стратегии формирования сетей и модели распространения потоков, волн, объектов в экономических сетях, формулировать равновесные и экстремальные задачи на сетях и графах, обнаруживать соответствующие явления в экономических сетях, обосновывать адекватность используемых моделей.

### **Задачи:**

- совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень;
- демонстрировать и использовать фундаментальные и прикладные знания передового рубежа науки;
- способностью организовывать работу исполнителей, находить и принимать управленческие решения в области организации труда;
- готовностью к принятию ответственности за свои решения в рамках профессиональной компетенции, способен принимать нестандартные решения, разрешать проблемные ситуации;

- способностью и готовностью проводить научные эксперименты, оценивать результаты исследований.

Для успешного изучения дисциплины «Системный анализ и управление» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- способность использовать основы экономических знаний в различных сферах деятельности;
- способность определять экономическую целесообразность принимаемых технических и организационных решений;
- способностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, готовностью использовать для их решения соответствующий естественнонаучный аппарат.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общекультурные, общепрофессиональные, профессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-1- способность анализировать сложные технические системы управления	Знает	равновесные и экстремальные задачи на сетях и графах в экономических сетях, методы обоснования адекватности используемых моделей
	Умеет	использовать современные методы исследований в области равновесных и экстремальных задач на сетях и графах в экономических сетях, обосновывать адекватность используемых моделей
	Владеет	методами разработки и анализа новых равновесных и экстремальных задач на сетях и графах в экономических сетях, методами обоснования адекватности используемых моделей
ПК-2 - способность синтезировать сложные технические системы управления	Знает	стратегии формирования сетей и модели распространения потоков, волн, объектов
	Умеет	использовать современные методы исследований в области стратегий формирования сетей и моделей распространения потоков, волн, объектов в экономических сетях

	Владеет	методами разработки и анализа новых моделей распространения потоков, волн, объектов в экономических сетях
--	---------	---

## **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

не предусмотрена

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Лабораторные работы (36 часов)**

**Лабораторная работа №1. Экономические сети (6 час.)**

**Лабораторная работа № 2. Модель «маленького мира» для экономических сетей (8 час.)**

**Лабораторная работа № 3. Случайные сети для экономических сетей (6 час.)**

**Лабораторная работа № 4. Стратегии формирования сетей для экономических сетей (8 час.)**

**Лабораторная работа № 5. Диффузия и обучение в сетях. Игры на сетях. Применение для экономических сетей. (8 час.)**

## **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Экономические сети» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

#### **IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА**

Контролируемые разделы дисциплины, этапы формирования компетенций, виды оценочных средств, зачетно-экзаменационные материалы, комплекты оценочных средств для текущей аттестации, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

#### **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **Основная литература**

*(электронные и печатные издания)*

1. Кирсанов, М.Н. Графы в Maple. Задачи, алгоритмы, программы. — М. : Физматлит, 2006. — 168 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2738](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2738).

2. Бабичева, И.В. Дискретная математика. Контролирующие материалы к тестированию. — СПб. : Лань, 2013. — 160 с. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=30193](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=30193).

3. Шевелев, Ю.П. Сборник задач по дискретной математике (для практических занятий в группах) / Ю.П. Шевелев, Писаренко Л. А., Шевелев М. Ю. — СПб. : Лань, 2013. — 524 с. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=5251](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5251).

4. Мальцев, И.А. Дискретная математика. — СПб. : Лань, 2011. — 304 с. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=638](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=638).

5. Кузнецов, О.П. Дискретная математика для инженера. — СПб. : Лань, 2009. — 396 с. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=220](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=220).

6. Шевелев, Ю.П. Дискретная математика. — СПб. : Лань, 2008. — 592 с. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=437](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=437).

7. Есипов, Б.А. Методы исследования операций. — СПб. : Лань, 2013. — 300 с. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=10250](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=10250).

8. Иванов Б.Н. Дискретная математика. Алгоритмы и программы. Расширенный курс : учебное пособие для вузов / Б. Н. Иванов. – М.: Известия , 2011. – 511 с.

9. Горлач, Б.А. Исследование операций. — СПб. : Лань, 2013. — 441 с.

#### **Дополнительная литература** (печатные и электронные издания)

1. Микони С. В. Дискретная математика: множества, отношения, функции, графы. — СПб. : Лань, 2012. — 187 с. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=4316](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4316).

2. Гаврилов, Г.П. Задачи и упражнения по дискретной математике / Г.П. Гаврилов, А.А. Сапоженко. — М. : Физматлит, 2009. — 420 с. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2157](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2157).

3. Редькин, Н.П. Дискретная математика. — М. : Физматлит, 2009. — 263 с. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2293](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2293).
4. Певзнер, Л.Д. Практикум по математическим основам теории систем. — СПб. : Лань, 2013. — 400 с. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=10254](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=10254).
5. Копылов В. И. Курс дискретной математики. — СПб. : Лань, 2011. — 207 с. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=1798](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=1798).
6. Иванов, Б.Н. Дискретная математика. Алгоритмы и программы. Полный курс. — М. : Физматлит, 2007. — 406 с. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=59461](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59461)
7. Ландо, С.К. Введение в дискретную математику. — М. : МЦНМО (Московский центр непрерывного математического образования), 2012. — 264 с. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=56405](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=56405)
8. Макоха, А.Н. Дискретная математика / А.Н. Макоха, П.А. Сахнюк, Н.И. Червяков. — М. : Физматлит, 2005. — 368 с. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2256](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2256)
9. Ржевский, С.В. Исследование операций. — СПб. : Лань, 2013. — 476 с. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=32821](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=32821).

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Рекомендации по планированию и организации времени, отведенного на изучение дисциплины, описание последовательности действий обучающихся**

Освоение дисциплины следует начинать с изучения рабочей учебной программы, которая содержит основные требования к знаниям, умениям и навыкам. Обязательно следует учитывать рекомендации преподавателя, данные в ходе установочных занятий. Затем – приступать к изучению отдельных разделов и тем в порядке, предусмотренном программой.

Получив представление об основном содержании раздела, темы, необходимо изучить материал с помощью рекомендуемой основной литературы. Целесообразно составить краткий конспект или схему, отображающую смысл и связи основных понятий данного раздела и включенных в него тем. Обязательно следует записывать возникшие вопросы, на которые не удалось ответить самостоятельно.

Подготовку к началу обучения включает несколько необходимых пунктов:

1) Необходимо создать для себя рациональный и эмоционально достаточный уровень мотивации к последовательному и планомерному изучению дисциплины.

2) Необходимо изучить список рекомендованной основной и дополнительной литературы и убедиться в её наличии у себя дома или в библиотеке в бумажном или электронном виде.

3) Необходимо иметь «под рукой» специальные и универсальные словари, справочники и энциклопедии, для того, чтобы постоянно уточнять значения используемых терминов и понятий. Пользование словарями и справочниками необходимо сделать привычкой. Опыт показывает, что неудовлетворительное усвоение предмета зачастую коренится в неточном, смутном или неправильном понимании и употреблении понятийного аппарата учебной дисциплины.

4) Желательно в самом начале периода обучения возможно тщательнее спланировать время, отводимое на работу с источниками и литературой по дисциплине, представить этот план в наглядной форме (график работы с датами) и в дальнейшем его придерживаться, не допуская срывов графика индивидуальной работы и «аврала» в предсессионный период. Пренебрежение этим пунктом приводит к переутомлению и резкому снижению качества усвоения учебного материала.

### **Рекомендации по работе с литературой**

1) Всю учебную литературу желательно изучать «под конспект». Чтение литературы, не сопровождаемое конспектированием, даже пусть самым кратким – бесполезная работа. Цель написания конспекта по дисциплине – сформировать навыки по поиску, отбору, анализу и формулированию учебного материала. Эти навыки обязательны для любого специалиста с высшим образованием независимо от выбранной специальности.

2) Написание конспекта должно быть творческим – нужно не переписывать текст из источников, но пытаться кратко излагать своими словами содержание ответа, при этом максимально структурируя конспект, используя символы и условные обозначения. Копирование и «заучивание» неосмысленного текста трудоемко и по большому счету не имеет большой познавательной и практической ценности.

3) При написании конспекта используется тетрадь, поля в которой обязательны. Страницы нумеруются, каждый новый вопрос начинается с нового листа, для каждого экзаменационного вопроса отводится 1-2 страницы конспекта. На полях размещается вся вспомогательная информация – ссылки, вопросы, условные обозначения и т.д.

4) В итоге данной работы «идеальным» является полный конспект по программе дисциплины, с выделенными определениями, узловыми пунктами, примерами, неясными моментами, проставленными на полях вопросами.

5) При работе над конспектом обязательно выявляются и отмечаются трудные для самостоятельного изучения вопросы, с которыми уместно обратиться к преподавателю при посещении установочных лекций и консультаций, либо в индивидуальном порядке.

6) При чтении учебной и научной литературы всегда следить за точным и полным пониманием значения терминов и содержания понятий, используемых в тексте. Всегда следует уточнять значения по словарям или энциклопедиям, при необходимости записывать.

7) При написании учебного конспекта обязательно указывать все прорабатываемые источники, автор, название, дата и место издания, с указанием использованных страниц.

### **Подготовка к промежуточной аттестации по дисциплине: экзамену (зачету)**

К аттестации допускаются студенты, которые систематически в течение всего семестра посещали и работали на занятиях и показали уверенные знания в ходе выполнения практических заданий и лабораторных работ.

Непосредственная подготовка к аттестации осуществляется по вопросам, представленным в рабочей учебной программе. Тщательно изучите формулировку каждого вопроса, вникните в его суть, составьте план ответа. Обычно план включает в себя:

- определение сущности рассматриваемого вопроса, основных положений, утверждений, определение необходимости их доказательства;
- запись обозначений, формул, необходимых для полного раскрытия вопроса;
- графический материал (таблицы, рисунки, графики), необходимые для раскрытия сущности вопроса;
- роль и значение рассматриваемого материала для практической деятельности, примеры использования в практической деятельности.

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине необходима лекционная аудитория мультимедийного типа (мультимедийный проектор, настенный экран, документ-камера) и компьютерный класс с персональными компьютерами с доступом в сеть «Интернет».



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

---

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**по дисциплине «Экономические сети»**

**Направление подготовки 01.04.04 Прикладная математика**

**магистерская программа «Аналитические, социальные и экономические  
сети»**

**Форма подготовки очная**

**Владивосток  
2017**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	4 неделя	Повторение теоретического и практического материала дисциплины, заслушиваемого и конспектируемого в ходе аудиторных занятий; изучение основной и дополнительной литературы, указанной в рабочей учебной программе дисциплины.	16 часов	Собеседование
2	6 неделя	Самостоятельный разбор заданий и задач, решаемых на практических занятиях.	8 часов	Проект
3	10 неделя	Повторение теоретического и практического материала дисциплины, заслушиваемого и конспектируемого в ходе аудиторных занятий; изучение основной и дополнительной литературы, указанной в рабочей учебной программе дисциплины, самоконтроль ответов на основные проблемные вопросы по темам лекций	16 часов	Собеседование
4	12 неделя	Самостоятельный разбор заданий и задач, решаемых на практических занятиях; самостоятельный повтор действий, осуществляемых в ходе выполнения лабораторных работ, в том числе при работе со специальным программным обеспечением	8 часов	Проект
5	16 неделя	Повторение теоретического и практического материала дисциплины, заслушиваемого и конспектируемого в ходе аудиторных занятий; изучение	16 часов	Собеседование

		основной и дополнительной литературы, указанной в рабочей учебной программе дисциплины, самоконтроль ответов на основные проблемные вопросы по темам лекций		
6	18 неделя	Самостоятельный разбор заданий и задач, решаемых на практических занятиях; самостоятельный повтор действий, осуществляемых в ходе выполнения лабораторных работ, в том числе при работе со специальным программным обеспечением	8 часов	Проект

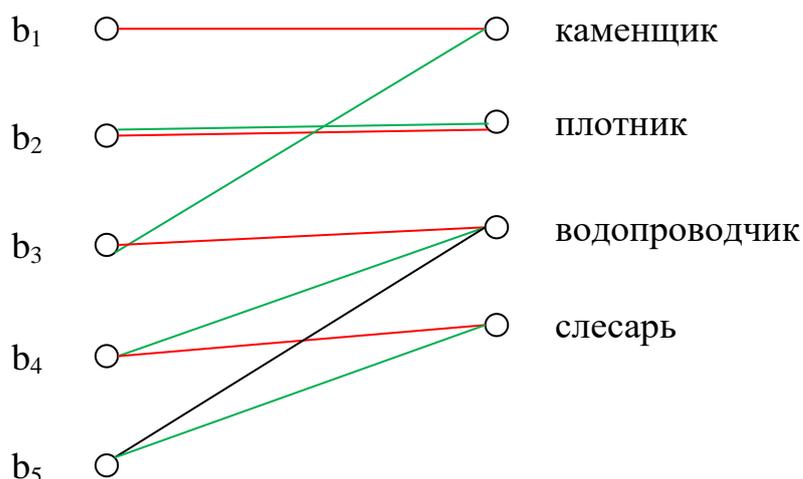
## Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению

1. Строительному управлению для выполнения работы требуется каменщик, плотник, водопроводчик и слесарь. На эти должности имеются пять претендентов: один может работать каменщиком, другой – плотником, третий каменщиком и водопроводчиком и еще двое имеют по две специальности – водопроводчика и слесаря. Можно ли охватить весь фронт работ (используя четырех из пяти рабочих)? Если да, то подробно проверьте выполнение условия теоремы Холла.

**Решение.** Пусть претенденты  $V_1 = \{b_1, b_2, b_3, b_4, b_5\}$  и должности  $V_2 = \{g_1, g_2, g_3, g_4\}$ , где  $g_1$  = каменщик,  $g_2$  = плотник,  $g_3$  = водопроводчик,  $g_4$  = слесарь. Тогда отношения между ними можно задать таблицей:

претенденты	должности
$b_1$	каменщик
$b_2$	плотник
$b_3$	каменщик, водопроводчик
$b_4$	водопроводчик, слесарь
$b_5$	водопроводчик, слесарь

Изобразим графически:

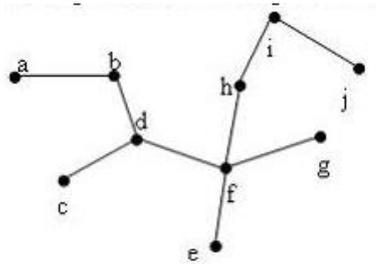


Из двудольного графа видно, что охватить весь фронт работ, используя четырех из пяти рабочих, возможно. Например, претендента  $b_1$  взять на место каменщика,  $b_2$  - на место плотника,  $b_3$  - на место водопроводчика, а претендента  $b_4$  - на место слесаря (красные линии связи на графе). Или

претендента  $b_2$  взять на место плотника,  $b_3$  – на место каменщика,  $b_4$ – на место водопроводчика, а претендента  $b_5$ – на место слесаря (зеленые линии связи на графе)

Условие теоремы Холла выполняется, т.к. на каждой должности может работать по крайней мере каждый претендент. Число должностей  $m=4$ , значит в совокупности  $k = m = 4$ , следовательно, выполняется условие  $1 \leq k \leq 5$

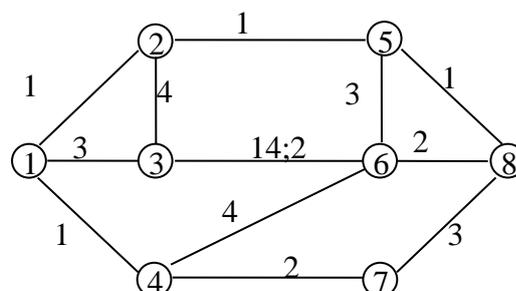
2. Центром данного дерева является вершина



**Решение.** Эксцентриситетом вершины  $u$  называется число  $\varepsilon(u)$ , равное максимальному расстоянию от вершины  $u$  до остальных вершин графа, т.е.  $\varepsilon(u) = \max_{v \in V} \rho(u, v)$ . Радиусом графа  $G$  называется число  $r(G)$ , равное минимальному эксцентриситету его вершин, т.е.  $r(G) = \min_{v \in V} \varepsilon(v)$ . Центром графа  $G$  называется множество его вершин, имеющих минимальный эксцентриситет.

Определим эксцентриситеты вершин заданного графа:  $\varepsilon(a)=6$ ,  $\varepsilon(b)=5$ ,  $\varepsilon(c)=5$ ,  $\varepsilon(d)=4$ ,  $\varepsilon(e)=4$ ,  $\varepsilon(f)=3$ ,  $\varepsilon(g)=4$ ,  $\varepsilon(h)=4$ ,  $\varepsilon(i)=5$ ,  $\varepsilon(j)=6$ . Следовательно, радиус данного графа  $r(G)=3$ , а центр – вершина  $f$ .

3. Построить дерево кратчайших расстояний от вершины 1 до всех остальных вершин.



**Решение.** Составим матрицу длин кратчайших дуг для данного графа.

Вершины	1	2	3	4	5	6	7	8
---------	---	---	---	---	---	---	---	---

<b>1</b>	$\infty$	1	3	1	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
<b>2</b>	1	$\infty$	4	$\infty$	1	2	$\infty$	$\infty$
<b>3</b>	3	4	$\infty$	$\infty$	$\infty$	2	$\infty$	$\infty$
<b>4</b>	1	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	4	2	$\infty$
<b>5</b>	$\infty$	1	$\infty$	$\infty$	$\infty$	3	$\infty$	1
<b>6</b>	$\infty$	$\infty$	2	4	3	$\infty$	$\infty$	2
<b>7</b>	$\infty$	$\infty$	$\infty$	2	$\infty$	$\infty$	$\infty$	3
<b>8</b>	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	1	2	3	$\infty$

Стартовая вершина, от которой строится дерево кратчайших расстояний - вершина 1. Задаем стартовые условия:  $d(1) = 0, d(x) = \infty$ . Окрашиваем вершину 1,  $y = 1$ .

Находим ближайшую вершину к окрашенной, используя формулу:

$d(x) = \min\{d(x); d(y) + a_{y,x}\}$ . Получим

$$d(2) = \min\{d(2); d(1) + a(1,2)\} = \min\{\infty; 0 + 1\} = 1$$

$$d(3) = \min\{d(3); d(1) + a(1,3)\} = \min\{\infty; 0 + 3\} = 3$$

$$d(4) = \min\{d(4); d(1) + a(1,4)\} = \min\{\infty; 0 + 1\} = 1$$

$$d(5) = \min\{d(5); d(1) + a(1,5)\} = \min\{\infty; 0 + \infty\} = \infty$$

$$d(6) = \min\{d(6); d(1) + a(1,6)\} = \min\{\infty; 0 + \infty\} = \infty$$

$$d(7) = \min\{d(7); d(1) + a(1,7)\} = \min\{\infty; 0 + \infty\} = \infty$$

$$d(8) = \min\{d(8); d(1) + a(1,8)\} = \min\{\infty; 0 + \infty\} = \infty$$

Минимальную длину имеет расстояние от вершины 1 до вершины 2  $d(2) = 1$ . Включаем вершину №1 в текущее дерево, а так же дугу ведущую в эту вершину. Согласно выражению это дуга (1,2).

$$d(3) = \min\{d(3); d(2) + a(2,3)\} = \min\{3; 1 + 4\} = 3$$

$$d(4) = \min\{d(4); d(2) + a(2,4)\} = \min\{1; 1 + \infty\} = 1$$

$$d(5) = \min\{d(5); d(2) + a(2,5)\} = \min\{\infty; 1 + 1\} = 2$$

$$d(6) = \min\{d(6); d(2) + a(2,6)\} = \min\{\infty; 1 + \infty\} = \infty$$

$$d(7) = \min\{d(7); d(2) + a(2,7)\} = \min\{\infty; 1 + \infty\} = \infty$$

$$d(8) = \min\{d(8); d(2) + a(2,8)\} = \min\{\infty; 1 + \infty\} = \infty$$

Минимальную длину имеет расстояние от вершины 1 до вершины 4  $d(4) = 1$ . Включаем вершину №4 в текущее дерево, а так же дугу ведущую в эту вершину. Согласно выражению это дуга (1,4).

$$d(3) = \min\{d(3); d(4) + a(4,3)\} = \min\{3; 1 + \infty\} = 3$$

$$d(5) = \min\{d(5); d(4) + a(4,5)\} = \min\{2; 1 + \infty\} = 2$$

$$d(6) = \min\{d(6); d(4) + a(4,6)\} = \min\{\infty; 1 + 4\} = 5$$

$$d(7) = \min\{d(7); d(4) + a(4,7)\} = \min\{\infty; 1 + 2\} = 3$$

$$d(8) = \min\{d(8); d(4) + a(4,8)\} = \min\{\infty; 1 + \infty\} = \infty$$

Минимальную длину имеет расстояние от вершины 2 до вершины 5  $d(5) = 2$ . Включаем вершину №5 в текущее дерево, а так же дугу ведущую в эту вершину. Согласно выражению это дуга (2,5)

$$d(3) = \min\{d(3); d(5) + a(5,3)\} = \min\{3; 2 + \infty\} = 3$$

$$d(6) = \min\{d(6); d(5) + a(5,6)\} = \min\{5; 2 + 3\} = 5$$

$$d(7) = \min\{d(7); d(5) + a(5,7)\} = \min\{3; 2 + \infty\} = 3$$

$$d(8) = \min\{d(8); d(5) + a(5,8)\} = \min\{\infty; 2 + 1\} = 3$$

Минимальную длину имеет расстояние от вершины 1 до вершины 3  $d(3) = 3$ . Включаем вершину №3 в текущее дерево, а так же дугу ведущую в эту вершину. Согласно выражению это дуга (1,3).

$$d(6) = \min\{d(6); d(3) + a(3,6)\} = \min\{5; 3 + 2\} = 5$$

$$d(7) = \min\{d(7); d(3) + a(3,7)\} = \min\{3; 3 + \infty\} = 3$$

$$d(8) = \min\{d(8); d(3) + a(3,8)\} = \min\{3; 3 + \infty\} = 3$$

Минимальную длину имеет расстояние от вершины 4 до вершины 7  $d(7) = 3$ . Включаем вершину №7 в текущее дерево, а так же дугу ведущую в эту вершину. Согласно выражению это дуга (4,7).

$$d(6) = \min\{d(6); d(7) + a(7,6)\} = \min\{5; 3 + 2\} = 5$$

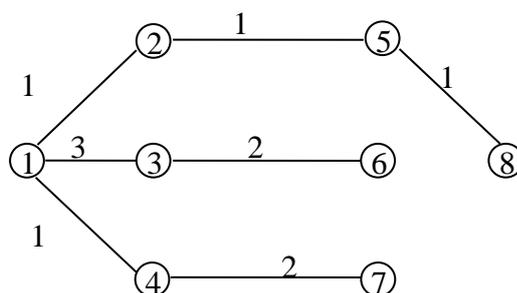
$$d(8) = \min\{d(8); d(7) + a(7,8)\} = \min\{3; 3 + 3\} = 3$$

Минимальную длину имеет расстояние от вершины 5 до вершины 8  $d(8) = 3$ . Включаем вершину №8 в текущее дерево, а так же дугу ведущую в эту вершину. Согласно выражению это дуга (5,8).

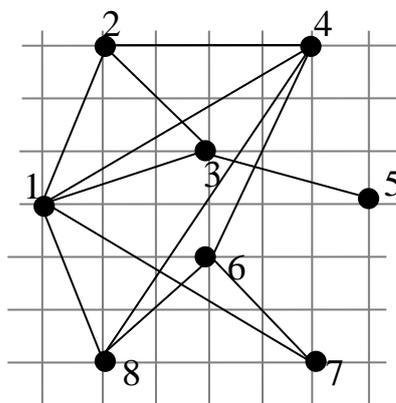
$$d(6) = \min\{d(6); d(8) + a(8,6)\} = \min\{5; 3 + 2\} = 5$$

Минимальную длину имеет расстояние от вершины 8 до вершины 6  $d(6)=5$ , от вершины 5 до вершины 6  $d(6)=5$ , от вершины 3 до вершины 6  $d(6)=5$  и от вершины 4 до вершины 6  $d(6)=5$ . Включаем вершину №6 в текущее дерево, а так же любую из дуг  $(8,6)$ ,  $(5,6)$ ,  $(3,6)$ ,  $(4,6)$  ведущую в эту вершину. Возьмем дугу  $(3,6)$

Мы получили дерево кратчайших расстояний от вершины 1 для исходного графа.



#### 4. Построить минимальное остовное дерево методом Прима



**Решение.** Составим матрицу расстояний по исходному графу. В алгоритме Прима используется ортогональная метрика. Длина ребра 1-2 складывается из длины катетов прямоугольного треугольника с гипотенузой этого ребра. Длина горизонтального катета 1 единица, длина вертикального катета 3 единицы. В итоге получаем, что длина ребра 1-2 равна 4. Так как граф неориентированный, то матрица расстояний симметрична. Поэтому ребро 2-1 тоже имеет длину 4.

Ребро 2-3 имеет две ячейки по горизонтали, 2 по вертикали, суммарный вес 4. Ребро 2-3 имеет вес 4. И в ребро 3-2 тоже имеет вес 4. Ребро 6-4 имеет

2 ячейки по горизонтали и 4 по вертикали. Таким образом ребро 4-6 и ребро 6-4 имеют длину 6.

	1	2	3	4	5	6	7	8
1		4	4	8			8	4
2	4		4	4				
3	4	4			4			
4	8	4				6		10
5			4					
6				6			4	4
7	8					4		
8	4			10		4		

Приступим к решению задачи. Особенностью алгоритма Прима является то, что мы «выращиваем» дерево из первой вершины. Т.е. последовательно к первой вершине будем приращивать ребра, которые тем или иным образом будут включать в остовное дерево новую еще невключенную вершину. Для того, чтобы избежать циклов, будем вычеркивать номера строк и столбцов, которые уже включены в дерево.

Так как первая вершина уже включена, то для того чтобы элементы вершины больше не участвовали в расчетах, вычеркиваем первый столбец.

	1	2	3	4	5	6	7	8
1		4	4	8			8	4
2	4		4	4				
3	4	4			4			
4	8	4				6		10
5			4					
6				6			4	4
7	8					4		
8	4			10		4		

Для удобства будем помечать строки с номерами вершин, которые уже включены в дерево. Это необходимо, чтобы знать в каких сроках можно искать новые подключения к дереву.

Итак, к первой вершине нельзя ничего прикрепить. Далее ищем в первой строке, какие вершины еще можно присоединить к дереву. Так как ищем минимальное остовное дерево, то ищем ребро с минимальной длиной. Таких ребер несколько, это ребро 1-2, 1-3 и 1-8. Они все имеют длину 4.

Выбираем ребро, которое по матрице находится левее. Таким образом, первым ребром, которое будет включено в остовное дерево, является ребро 1-2.

Модифицируем матрицу расстояний. Вычеркиваем второй столбец, чтобы числа больше не принимали участие в расчетах. Вторую строчку выделяем для того, чтобы показать, что и ко второй вершине можно искать вхождения. Ищем ребро с минимальной длиной.

	1	2	3	4	5	6	7	8
1		4	4	8			8	4
2	4		4	4				
3	4	4			4			
4	8	4				6		10
5			4					
6				6			4	4
7	8					4		
8	4			10		4		

Для вершины 1 ближайшее минимальное ребро 1-3, для вершины 2 ближайшее минимальное ребро 2-3. Выбираем ребро, которое выше. Таким образом, в остовное дерево включаем ребро 1-3.

Третья вершина включена в дерево, поэтому вычеркиваем третий столбец и выделяем третью строку.

Продолжаем поиск. Для вершины 1 ближайшее минимальное ребро 1-8, для вершины 2 ближайшее минимальное ребро 2-4, для вершины 3 ближайшее минимальное ребро 3-5. Все они имеют одинаковый вес. Выбираем ребро, которое выше. Таким образом, третье ребро, вошедшее в остовное дерево, ребро 1-8.

	1	2	3	4	5	6	7	8
1		4	4	8			8	4
2	4		4	4				
3	4	4			4			
4	8	4				6		10
5			4					
6				6			4	4
7	8					4		
8	4			10		4		

Восьмая вершина включена в дерево, поэтому вычеркиваем восьмой столбец и выделяем восьмую строку.

	1	2	3	4	5	6	7	8
1		4	4	8			8	4
2	4		4	4				
3	4	4			4			
4	8	4				6		10
5			4					
6				6			4	4
7	8					4		
8	4			10		4		

Продолжаем поиск. Кратчайшие ребра 2-4, 3-5 и 8-6. Все они имеют одинаковый вес. В этом случае выбираем в остовное дерево ребро 2-4.

Четвертая вершина включена в дерево, поэтому вычеркиваем четвертый столбец и выделяем четвертую строку.

	1	2	3	4	5	6	7	8
1		4	4	8			8	4
2	4		4	4				
3	4	4			4			
4	8	4				6		10
5			4					
6				6			4	4
7	8					4		
8	4			10		4		

Продолжаем поиск среди помеченных строк. Кратчайшие ребра 3-5 и 8-6. Все они имеют одинаковый вес. В этом случае выбираем в остовное дерево ребро 3-5.

Пятая вершина включена в дерево, поэтому вычеркиваем пятый столбец и выделяем пятую строку (несмотря на то, что она пустая).

	1	2	3	4	5	6	7	8
1		4	4	8			8	4
2	4		4	4				
3	4	4			4			
4	8	4				6		10
5			4					
6				6			4	4
7	8					4		
8	4			10		4		

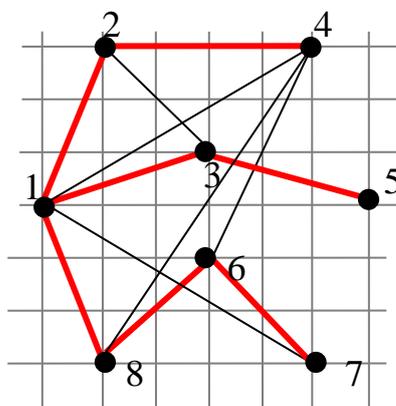
Продолжаем поиск среди помеченных строк. Остались ребра 1-7, 4-6 и 8-6. Кратчайшее ребро из помеченных строк это ребро 8-6, его и включаем в остоное дерево.

Шестая вершина включена в дерево, поэтому вычеркиваем шестой столбец (чтобы избежать цикличности) и выделяем шестую строку.

Остался последний столбец и соответственно единственная невключенная вершина – вершина 7. Кратчайшее ребро 6-7, его и включаем в остоное дерево.

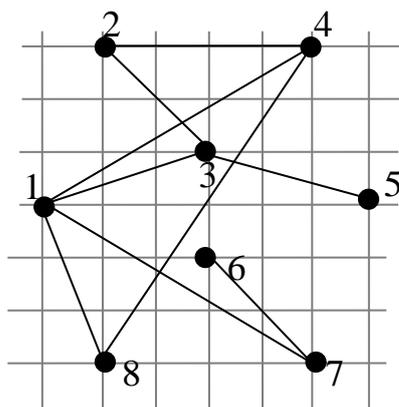
	1	2	3	4	5	6	7	8
1		4	4	8			8	4
2	4		4	4				
3	4	4			4			
4	8	4				6		10
5			4					
6				6			4	4
7	8					4		
8	4			10		4		

Минимальное остоное дерево для графа из 8 вершин состоит из 7 ребер: 1-2; 1-3; 1-8; 2-4; 3-5; 8-6; 6-7



Определим длину остоного дерева или суммарный вес. Для этого достаточно посчитать длины тех ребер, которые составляют остоное дерево. Суммарный вес  $4+4+4+4+4+4+4=28$  условных единиц.

5. Построить минимальное остоное дерево методом Краскала



**Решение.** Сначала выписываем все ребра и сортируем их по мере увеличения длин ребер (в ортогональной метрике). Если длина ребер совпадает (например, ребра 1-3 и 2-4 имеют одинаковую длину 4), то раньше записывается ребро, у которого левая вершина меньше. Если левые вершины совпадают (например, ребра 1-3 и 1-8 имеют одинаковую длину 4), то раньше записывается ребро, у которого правая вершина меньше. Аналогично, 1-4 имеет длину 6, поэтому несмотря на номера она оказалась после ребра 6-7. Получаем список упорядоченных ребер.

номер	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ребро	1-3	1-8	2-3	2-4	3-5	6-7	1-4	1-7	4-8

Далее из этих ребер начинаем составлять дерево. Составляем таблицу. В левом столбце перечисляем вершины, которые входят в остовное дерево. В центральном столбце будем указывать ребро, которое будет включаться. И для удобства подсчетов в правом столбце будем писать вес включенного ребра.

Первое ребро, которое включаем по нашему списку, это ребро 1-3. Записываем его в таблицу. Его вес 4. В списке дерева, формирующийся фрагмент описываем следующим образом, в скобки включаем вершины, которые вошли в дерево, а за скобками остаются вершины, еще не вошедшие в него. И тем самым можно ориентироваться какие ребра можно использовать, а какие нет. Получили следующую таблицу.

Дерево	Добавленное ребро	Вес
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	1-3	4
(1, 3), 2, 4, 5, 6, 7, 8		

Следующее ребро по списку 1-8. Вершина 1 уже включена в дерево, поэтому 8 будем включать. Добавляем ребро 1-8 в дерево, его длина 4. И дерево примет следующий вид.

Дерево	Добавленное ребро	Вес
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	1-3	4
(1, 3), 2, 4, 5, 6, 7, 8	1-8	4
(1, 3, 8), 2, 4, 5, 6, 7		

Следующее по списку идет ребро 2-3. Вершина 3 входит в дерево, поэтому 2 будет включена в уже строящийся фрагмент. Добавляем ребро 2-3 в дерево, его длина 4. И дерево примет следующий вид.

Дерево	Добавленное ребро	Вес
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	1-3	4
(1, 3), 2, 4, 5, 6, 7, 8	1-8	4
(1, 3, 8), 2, 4, 5, 6, 7	2-3	4
(1, 2, 3, 8), 4, 5, 6, 7		

Следующее по списку идет ребро 2-3. Вершина 3 входит в дерево, поэтому 2 будет включена в уже строящийся фрагмент. Добавляем ребро 2-3 в дерево, его длина 4. И дерево примет следующий вид.

Дерево	Добавленное ребро	Вес
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	1-3	4
(1, 3), 2, 4, 5, 6, 7, 8	1-8	4
(1, 3, 8), 2, 4, 5, 6, 7	2-3	4
(1, 2, 3, 8), 4, 5, 6, 7		

Следующее по списку идет ребро 2-4. Вершина 2 входит в дерево, вершина 4 снаружи, это означает, что вершину 4 можно присоединить в уже строящийся фрагмент. Добавляем ребро 2-4 в дерево, его длина 4. И дерево примет следующий вид.

Дерево	Добавленное ребро	Вес
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	1-3	4
(1, 3), 2, 4, 5, 6, 7, 8	1-8	4
(1, 3, 8), 2, 4, 5, 6, 7	2-3	4
(1, 2, 3, 8), 4, 5, 6, 7	2-4	4
(1, 2, 3, 4, 8), 5, 6, 7		

Следующее по списку идет ребро 3-5. Вершина 3 входит в дерево, вершина 5 снаружи, это означает, что вершину 5 можно присоединить в уже

строящийся фрагмент. Добавляем ребро 3-5 в дерево, его длина 4. И дерево примет следующий вид.

Дерево	Добавленное ребро	Вес
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	1-3	4
(1, 3), 2, 4, 5, 6, 7, 8	1-8	4
(1, 3, 8), 2, 4, 5, 6, 7	2-3	4
(1, 2, 3, 8), 4, 5, 6, 7	2-4	4
(1, 2, 3, 4, 8), 5, 6, 7	3-5	4
(1, 2, 3, 4, 5, 8), 6, 7		

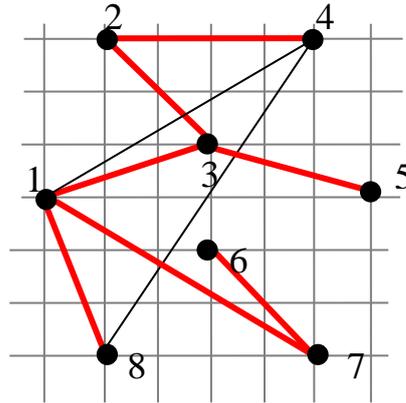
Следующее по списку идет ребро 6-7. Вершина 6 и вершина 7 не входят в уже построенный сегмент. Формируем отдельно стоящий фрагмент дерева. Добавляем ребро 6-7 в дерево, его длина 4. И дерево примет следующий вид.

Дерево	Добавленное ребро	Вес
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	1-3	4
(1, 3), 2, 4, 5, 6, 7, 8	1-8	4
(1, 3, 8), 2, 4, 5, 6, 7	2-3	4
(1, 2, 3, 8), 4, 5, 6, 7	2-4	4
(1, 2, 3, 4, 8), 5, 6, 7	3-5	4
(1, 2, 3, 4, 5, 8), 6, 7	6-7	4
(1, 2, 3, 4, 5, 8), (6, 7)		

Следующее по списку идет ребро 1-4. Вершина 1 и вершина 4 входит в дерево, поэтому это ребро пропускаем, поскольку оно образует цикл. Следующее ребро по списку идет ребро 1-7. Вершина 1 входит в один сегмент дерева, а вершина 7 входит в другой сегмент дерева. Добавляем ребро 1-7 в дерево, его длина 6. Благодаря этому ребру реализуем соединение двух сегментов в единое цельное дерево. И дерево примет следующий вид.

Дерево	Добавленное ребро	Вес
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	1-3	4
(1, 3), 2, 4, 5, 6, 7, 8	1-8	4
(1, 3, 8), 2, 4, 5, 6, 7	2-3	4
(1, 2, 3, 8), 4, 5, 6, 7	2-4	4
(1, 2, 3, 4, 8), 5, 6, 7	3-5	4
(1, 2, 3, 4, 5, 8), 6, 7	6-7	4
(1, 2, 3, 4, 5, 8), (6, 7)	1-7	6
(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8)		

Все вершины оказались в скобках, количество включенных ребер равно 7. Суммарный вес остовного дерева равен  $4+4+4+4+4+4+6=30$

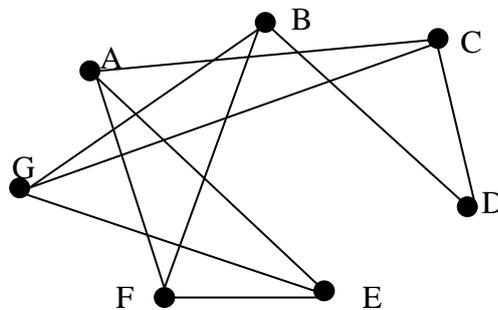


6. Транспортная компания осуществляет грузовые перевозки в города А, В, С, D, E, F, G. В таблице приведена матрица смежности графа рейсов компании

	A	B	C	D	E	F	G
A	0	0	1	0	1	1	0
B	0	0	0	1	0	1	1
C	1	0	0	1	0	0	1
D	0	1	1	0	0	0	0
E	1	0	0	0	0	1	1
F	1	1	0	0	1	0	0
G	0	1	1	0	1	0	0

Установите последовательность городов (гамильтонов цикл) с начало в городе D, проходящую через все города ровно один раз с возвращение в D, при условии, что город F был посещен **после** города A. Город D указывать не нужно.

**Решение.** Строим граф по матрице смежности:



Рисуем дерево:



## **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

Самостоятельная работа включает в себя повторение теоретического и практического материала дисциплины, заслушиваемого и конспектируемого в ходе аудиторных занятий; изучение основной и дополнительной литературы, указанной в рабочей учебной программе дисциплины, самоконтроль ответов на основные проблемные вопросы по темам занятий; самостоятельный разбор заданий и задач, решаемых на практических занятиях; самостоятельный повтор действий, осуществляемых в ходе выполнения лабораторных работ, в том числе при работе со специальным программным обеспечением.

Результаты самостоятельной работы представляются и оформляются в виде ответов на основные положения теоретического и практического материала дисциплины по темам; письменного разбора процесса решения практических заданий и задач; собственных действий, осуществляемых в ходе выполнения лабораторных работ.

В случае подготовки слайдов для защиты проекта, они должны быть контрастными (рекомендуется черный цвет шрифта на светлом фоне), кегль текста слайдов – не менее 22pt, заголовков – 32pt. Основная цель использования слайдов - служить вспомогательным инструментом к подготовленному выступлению, цитирование больших фрагментов текста на слайдах не допускается. Приветствуется использование рисунков, графиков, таблиц, интерактивного материала, однако, следует предусмотреть выбор цвета и толщину линий.

Слайды должны содержать титульный лист, цели и задачи (не более 2-х слайдов с обзором актуальности, новизны, теоретической и практической значимости работы), основные публикации с их кратким обзором (1-2 слайда), формальную постановку задачи и формулировку моделей (1-2 слайда), краткое тезисное (!) изложение ключевых положений работы (разумное количество слайдов с учетом общего времени выступления), заключение (с изложением результатов работы, подведением выводов, обсуждением практического использования работы, возможностей проведения дальнейших исследований и разработок в данной области).

Как правило, 12-15 слайдов оказывается достаточным для полного представления работы.

### **Критерии оценки выполнения самостоятельной работы**

Общие критерии оценки выполнения самостоятельной работы – правильность ответов на вопросы по темам теоретической части

дисциплины, верность получаемых ответов в ходе решения практических заданий и задач, достижение правильного результата при осуществлении собственных действий по лабораторным работам.

Оценивание знаний в форме собеседования проводится по критериям:

- логичность изложения, знание и понимание основных аспектов и дискуссионных проблем по теме;
- владение методами и приемами анализа теоретических и/или практических аспектов по теме.

Оценивание знаний в форме проекта проводится по критериям:

- завершенность и полнота выполненных заданий в рамках проекта;
- владение методами и приемами решения конкретных задач и самостоятельность использования специализированного программного обеспечения;
- качество оформления письменного отчета в соответствии с правилами и стандартами оформления.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

---

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине «Экономические сети»**  
**Направление подготовки 01.04.04 Прикладная математика**  
**магистерская программа «Аналитические, социальные и экономические**  
**сети»**  
**Форма подготовки очная**

**Владивосток**  
**2017**

**Паспорт  
фонда оценочных средств  
по дисциплине «Экономические сети»**

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-1- способность анализировать сложные технические системы управления	Знает	равновесные и экстремальные задачи на сетях и графах в экономических сетях, методы обоснования адекватности используемых моделей
	Умеет	использовать современные методы исследований в области равновесных и экстремальных задач на сетях и графах в экономических сетях, обосновывать адекватность используемых моделей
	Владеет	методами разработки и анализа новых равновесных и экстремальных задач на сетях и графах в экономических сетях, методами обоснования адекватности используемых моделей
ПК-2 - способность синтезировать сложные технические системы управления	Знает	стратегии формирования сетей и модели распространения потоков, волн, объектов
	Умеет	использовать современные методы исследований в области стратегий формирования сетей и моделей распространения потоков, волн, объектов в экономических сетях
	Владеет	методами разработки и анализа новых моделей распространения потоков, волн, объектов в экономических сетях

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства - наименование		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Экономические сети. Общие понятия сетей	ОК-2	Знает	Собеседование (УО-1)	Зачет, вопросы 1-4
			Умеет	Проект (ПР-9)	Зачет, проект 1-28
			Владеет	Проект (ПР-9)	Зачет, проект 1-28
		ОК-3	Знает	Собеседование (УО-1)	Зачет, вопросы 1-4
			Умеет	Проект (ПР-9)	Зачет, проект 1-28
			Владеет	Проект (ПР-9)	Зачет, проект 1-28
		ОК-4	Знает	Собеседование (УО-1)	Зачет, вопросы 1-4
			Умеет	Проект (ПР-9)	Зачет, проект 1-28
			Владеет	Проект (ПР-9)	Зачет, проект 1-28
ОК-5	Знает	Собеседование (УО-1)	Зачет, вопросы 1-4		
	Умеет	Проект (ПР-9)	Зачет, проект 1-28		
	Владеет	Проект (ПР-9)	Зачет, проект 1-28		
2	Модель «маленького	ОК-2	Знает	Собеседование (УО-1)	Зачет, вопросы 5-6
			Умеет	Проект (ПР-9)	Зачет, проект 29-57

	мира» для экономических сетей. Случайные сети для экономических сетей	ОК-3	Владеет	Проект (ПР-9)	Зачет, проект 29-57		
			Знает	Собеседование (УО-1)	Зачет, вопросы 5-6		
			Умеет	Проект (ПР-9)	Зачет, проект 29-57		
		ОК-4	Владеет	Проект (ПР-9)	Зачет, проект 29-57		
			Знает	Собеседование (УО-1)	Зачет, вопросы 5-6		
			Умеет	Проект (ПР-9)	Зачет, проект 29-57		
		ОК-5	Владеет	Проект (ПР-9)	Зачет, проект 29-57		
			Знает	Собеседование (УО-1)	Зачет, вопросы 5-6		
			Умеет	Проект (ПР-9)	Зачет, проект 29-57		
		3	Стратегия формирования сети. Диффузия и обучение в сетях. Игры на сетях применение для экономических сетей	ОК-2	Владеет	Проект (ПР-9)	Зачет, проект 29-57
					Знает	Собеседование (УО-1)	Зачет, вопросы 7-8
					Умеет	Проект (ПР-9)	Зачет, проект 58-73
ОК-3	Владеет			Проект (ПР-9)	Зачет, проект 58-73		
	Знает			Собеседование (УО-1)	Зачет, вопросы 7-8		
	Умеет			Проект (ПР-9)	Зачет, проект 58-73		
ОК-4	Владеет			Проект (ПР-9)	Зачет, проект 58-73		
	Знает			Собеседование (УО-1)	Зачет, вопросы 7-8		
	Умеет			Проект (ПР-9)	Зачет, проект 58-73		
ОК-5	Владеет			Проект (ПР-9)	Зачет, проект 58-73		
	Знает			Собеседование (УО-1)	Зачет, вопросы 7-8		
	Умеет			Проект (ПР-9)	Зачет, проект 58-73		
		Владеет	Проект (ПР-9)	Зачет, проект 58-73			
			Проект (ПР-9)	Зачет, проект 58-73			
			Проект (ПР-9)	Зачет, проект 58-73			

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		Критерии	Показатели
ПК-1- способность анализировать сложные технические системы управления	Знает	равновесные и экстремальные задачи на сетях и графах в экономических сетях, методы обоснования адекватности используемых моделей	Правильность (верность) ответов	Качество ответов на вопросы по темам
		использовать современные методы исследований в области равновесных и экстремальных задач на сетях и графах в экономических сетях, обосновывать адекватность используемых моделей	Самостоятельность выполнения и соблюдение логически обоснованной последовательности действий	Осуществление расчетов при использовании моделей и методов при выполнении проектов по темам
		методами разработки и анализа новых равновесных и экстремальных задач	Результативность выполнения, достижение поставленной цели,	Применение моделей и методов для практических

		на сетях и графах в экономических сетях, методами обоснования адекватности используемых моделей	получение результатов, формулирование выводов	задач и ситуаций при выполнении проектов по темам
ПК-2 - способность синтезировать сложные технические системы управления	Знает	стратегии формирования сетей и модели распространения потоков, волн, объектов	Правильность (верность) ответов	Качество ответов на вопросы по темам
	Умеет	использовать современные методы исследований в области стратегий формирования сетей и моделей распространения потоков, волн, объектов в экономических сетях	Самостоятельность выполнения и соблюдение логически обоснованной последовательности действий	Осуществление расчетов при использовании моделей и методов при выполнении проектов по темам
	Владеет	методами разработки и анализа новых моделей распространения потоков, волн, объектов в экономических сетях	Результативность выполнения, достижение поставленной цели, получение результатов, формулирование выводов	Применение моделей и методов для практических задач и ситуаций при выполнении проектов по темам

### **Зачетно-экзаменационные материалы**

#### **Вопросы для подготовки к зачету по дисциплине «Экономические сети»**

1. Экономические сети.
2. Модель «маленького мира» для экономических сетей.
3. Случайные сети для экономических сетей.
4. Стратегии формирования сетей для экономических сетей.
5. Диффузия и обучение в сетях. Применение для экономических сетей.
6. Игры на сетях. Применение для экономических сетей.

### **Комплекты оценочных средств для текущей аттестации**

#### **Вопросы для собеседования**

## **Раздел 1. Основные понятия и определения**

1. История возникновения (работы Jacob Moreno, Anatol Rapoport, William Horvath).
2. Первые графовые модели.
3. Работы Stanley Milgram – эффект «маленького мира».
4. Введение в теорию шести рукопожатий.
5. Работы Barabási Albert-László введение в теорию «Управляемость сложных сетей» («Controllability of Complex Networks»).
6. Результаты эксперимента Mark Granovetter.
7. Предположение о важности слабых связей (weak ties).
8. Применение в торговле товарами и услугами, транспортных, энергетических, городских региональных, международных сетях.
9. Сети ОЭЗ и свободных портов.
10. Результаты Alfred Lotka, закон Лотки (сети цитирования).
11. Всемирная паутина (World Wide Web) - циклическая сеть.
12. Результаты Steven Strogatz и Duncan Watts - феномен тесного мира.
13. Работы Reka Albert и Laszlo Barabasi - распределение вершин по числу связей.
14. Сети предпочтений (Preference networks) - двусторонние информационные сети.
15. Радиус, эксцентриситет, геодезическая цепь.
16. Диаметр. Диаметр и деревья. Диаметры в случайных графах. Диаметры в мире.
17. Теорема о структуре сети.
18. Распределение степеней.
19. Кластеризация.
20. Модель гомофилии.
21. Динамика и сила слабых связей.

22. Центральность.
23. Возможности измерения центральности: степень – связность, близость и простота достижения других вершин.
24. Маршруты роль промежуточных вершин и ребер.
25. Влияние. Престиж.
26. Центральность в сети собственные вектора.
27. Применение мер центральности (Centrality).
28. Диффузия центральности.
29. Случайные сети.
30. Случайные сети пороги и фазовые переходы.
31. Теорема Threshold.
32. Модель «маленького мира».
33. Другие статические модели сетей: модели для генерации кластеров, модели для получения другого распределения степеней, отличного от распределения Пуассона, модель подгонки данных.

## **Раздел 2. Модель «маленького мира»**

1. Эксперимент Stanley Milgram.
2. Теория шести рукопожатий - модель «маленького мира» (small world).
3. Модель Duncan Watts и Steve Strogatz с высокой степенью кластеризации и малой средней длиной пути между вершинами.
4. Свойства социальной сети, как гомофилия (homophily) и слабые связи (weak ties).

## **Раздел 3. Случайные сети**

1. Рост случайных сетей.
2. Аппроксимация.
3. Гибридные модели. Формирование гибридных моделей.
4. Блочные модели.
5. Случайные сетевые модели: Эрдеша (Erdos) – Реньи (Renyi).
6. Другие модели случайных сетей: Watts and Strogatz, Barabasi and Albert, Jackson and Rogers.

7. Стохастические блочные модели: модели дополнения Эрдша (Erdos) – Реньи (Renyi)

8. Набор моделей: ERGMs и новые: SERGMs / SUGMs.

#### **Раздел 4. Стратегия формирования сети**

1. Стратегия формирования сети.

2. Равновесие и эффективность.

3. Модель соединения сети.

4. Эффективность модели соединения: попарное равновесие и модель соединений.

5. Внешние эффекты: формирование сети и трансферы.

6. Неоднородность в стратегии формирования сети.

7. Модель SUGMs и стратегия формирования сети.

8. Равновесие по Нэшу.

9. Динамические стратегии формирования сети.

10. Эволюция и стохастика.

11. Режиссура формирования сети.

12. Применение структурной модели формирования стратегии.

#### **Раздел 5. Диффузия и обучение в сетях. Игры на сетях.**

1. Диффузия.

2. Bass модель диффузии.

3. Диффузия на случайных сетях.

4. Главная компонента (Пуассона).

5. SIS – модель.

6. Решения SIS -модели – примеры.

7. Подготовка данных для модели диффузии. Пример распространения эпидемии.

8. Обучение.

9. Модель ДеГрута (DeGroot).

10. Конвергенция в модели ДеГрута (DeGroot).

11. Дополнения и заменители.

12. Свойства равновесий.
13. Несколько равновесий. Применения.
14. Дискретный (бинарный) выбор.
15. Линейные и квадратичные модели.
16. Многошаговые игры на сетях.

Критерии оценки:

✓ 100-86 баллов - если ответ показывает глубокое и систематическое знание всего программного материала и структуры конкретного вопроса, а также основного содержания и новаций лекционного курса по сравнению с учебной литературой. Студент демонстрирует отчетливое и свободное владение концептуально-понятийным аппаратом, научным языком и терминологией соответствующей научной области. Знание основной литературы и знакомство с дополнительно рекомендованной литературой. Логически корректное и убедительное изложение ответа.

✓ 85-76 - баллов - знание узловых проблем программы и основного содержания лекционного курса; умение пользоваться концептуально-понятийным аппаратом в процессе анализа основных проблем в рамках данной темы; знание важнейших работ из списка рекомендованной литературы. В целом логически корректное, но не всегда точное и аргументированное изложение ответа.

✓ 75-61 - балл – фрагментарные, поверхностные знания важнейших разделов программы и содержания лекционного курса; затруднения с использованием научно-понятийного аппарата и терминологии учебной дисциплины; неполное знакомство с рекомендованной литературой; частичные затруднения с выполнением предусмотренных программой заданий; стремление логически определено и последовательно изложить ответ.

✓ 60-50 баллов – незнание, либо отрывочное представление о данной проблеме в рамках учебно-программного материала; неумение использовать понятийный аппарат; отсутствие логической связи в ответе.

**Темы проектов**  
по дисциплине «**Экономические сети**»

1. История возникновения (работы Jacob Moreno, Anatol Rapoport, William Horvath).
2. Первые графовые модели.
3. Работы Stanley Milgram – эффект «маленького мира».
4. Введение в теорию шести рукопожатий.
5. Работы Barabási Albert-László введение в теорию «Управляемость сложных сетей» («Controllability of Complex Networks»).
6. Результаты эксперимента Mark Granovetter.
7. Предположение о важности слабых связей (weak ties).
8. Применение в торговле товарами и услугами, транспортных, энергетических, городских региональных, международных сетях.
9. Сети ОЭЗ и свободных портов.
10. Результаты Alfred Lotka, закон Лотки (сети цитирования).
11. Всемирная паутина (World Wide Web) - циклическая сеть.
12. Результаты Steven Strogatz и Duncan Watts феномен тесного мира.
13. Работы Reka Albert и Laszlo Barabasi распределение вершин по числу связей.
14. Сети предпочтений (Preference networks) двусторонние информационные сети.
15. Радиус, эксцентриситет, геодезическая цепь.
16. Диаметр. Диаметр и деревья. Диаметры в случайных графах. Диаметры в мире.
17. Теорема о структуре сети.
18. Распределение степеней.
19. Кластеризация.
20. Модель гомофилии.
21. Динамика и сила слабых связей.

22. Центральность.
23. Возможности измерения центральности: степень – связность, близость и простота достижения других вершин.
24. Маршруты роль промежуточных вершин и ребер.
25. Влияние. Престиж.
26. Центральность в сети собственные вектора.
27. Применение мер центральности (Centrality).
28. Диффузия центральности.
29. Случайные сети.
30. Случайные сети пороги и фазовые переходы.
31. Теорема Threshold.
32. Модель «маленького мира».
33. Другие статические модели сетей: модели для генерации кластеров, модели для получения другого распределения степеней, отличного от распределения Пуассона, модель подгонки данных.
34. Эксперимент Stanley Milgram.
35. Теория шести рукопожатий - модель «маленького мира» (small world).
36. Модель Duncan Watts и Steve Strogatz с высокой степенью кластеризации и малой средней длиной пути между вершинами.
37. Свойства социальной сети, как гомофилия (homophily) и слабые связи (weak ties).
38. Рост случайных сетей.
39. Аппроксимация.
40. Гибридные модели. Формирование гибридных моделей.
41. Блочные модели.
42. Случайные сетевые модели: Эрдеша (Erdos) – Реньи (Renyi).
43. Другие модели случайных сетей: Watts and Strogatz, Barabasi and Albert, Jackson and Rogers.
44. Стохастические блочные модели: модели дополнения Эрдеша (Erdos) – Реньи (Renyi)

45. Набор моделей: ERGMs и новые: SERGMs / SUGMs.
46. Стратегия формирования сети.
47. Равновесие и эффективность.
48. Модель соединения сети.
49. Эффективность модели соединения: попарное равновесие и модель соединений.
50. Внешние эффекты: формирование сети и трансферы.
51. Неоднородность в стратегии формирования сети.
52. Модель SUGMs и стратегия формирования сети.
53. Равновесие по Нэшу.
54. Динамические стратегии формирования сети.
55. Эволюция и стохастика.
56. Режиссура формирования сети.
57. Применение структурной модели формирования стратегии.
58. Диффузия.
59. Bass модель диффузии.
60. Диффузия на случайных сетях.
61. Главная компонента (Пуассона).
62. SIS – модель.
63. Решения SIS -модели – примеры.
64. Подготовка данных для модели диффузии. Пример распространения эпидемии.
65. Обучение.
66. Модель ДеГрута (DeGroot).
67. Конвергенция в модели ДеГрута (DeGroot).
68. Дополнения и заменители.
69. Свойства равновесий.
70. Несколько равновесий. Применения.
71. Дискретный (бинарный) выбор.
72. Линейные и квадратичные модели.

### 73. Многошаговые игры на сетях.

#### Критерии оценки:

✓ 100-86 баллов выставляется, если студент/группа точно определили содержание и составляющие части задания, умеют аргументированно отвечать на вопросы, связанные с заданием. Продемонстрировано знание и владение навыками самостоятельной исследовательской работы по теме. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет.

✓ 85-76 - баллов - работа студента/группы характеризуется смысловой цельностью, связностью и последовательностью изложения; допущено не более 1 ошибки при объяснении смысла или содержания проблемы. Продемонстрированы исследовательские умения и навыки. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет.

✓ 75-61 балл – проведен достаточно самостоятельный анализ основных этапов и смысловых составляющих проблемы; понимание базовых основ и теоретического обоснования выбранной темы. Привлечены основные источники по рассматриваемой теме. Допущено не более 2 ошибок в смысле или содержании проблемы.

✓ 60-50 баллов - если работа представляет собой пересказанный или полностью переписанный исходный текст без каких бы то ни было комментариев, анализа. Не раскрыта структура и теоретическая составляющая темы. Допущено три или более трех ошибок смыслового содержания раскрываемой проблемы.

## **Описание показателей и критериев оценивания компетенций, шкал оценивания**

### **Критерии оценки собеседования**

✓ 100-86 баллов - если ответ показывает глубокое и систематическое знание всего программного материала и структуры конкретного вопроса, а также основного содержания и новаций лекционного курса по сравнению с учебной литературой. Студент демонстрирует отчетливое и свободное владение концептуально-понятийным аппаратом, научным языком и терминологией соответствующей научной области. Знание основной литературы и знакомство с дополнительно рекомендованной литературой. Логически корректное и убедительное изложение ответа.

✓ 85-76 - баллов - знание узловых проблем программы и основного содержания лекционного курса; умение пользоваться концептуально-понятийным аппаратом в процессе анализа основных проблем в рамках данной темы; знание важнейших работ из списка рекомендованной литературы. В целом логически корректное, но не всегда точное и аргументированное изложение ответа.

✓ 75-61 - балл – фрагментарные, поверхностные знания важнейших разделов программы и содержания лекционного курса; затруднения с использованием научно-понятийного аппарата и терминологии учебной дисциплины; неполное знакомство с рекомендованной литературой; частичные затруднения с выполнением предусмотренных программой заданий; стремление логически определенно и последовательно изложить ответ.

✓ 60-50 баллов – незнание, либо отрывочное представление о данной проблеме в рамках учебно-программного материала; неумение использовать понятийный аппарат; отсутствие логической связи в ответе.

### **Критерии оценки проектов**

✓ 100-86 баллов выставляется, если студент/группа точно определили содержание и составляющие части задания, умеют аргументированно отвечать на вопросы, связанные с заданием. Продемонстрировано знание и владение навыками самостоятельной исследовательской работы по теме. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет.

✓ 85-76 - баллов - работа студента/группы характеризуется смысловой цельностью, связностью и последовательностью изложения; допущено не

более 1 ошибки при объяснении смысла или содержания проблемы. Продемонстрированы исследовательские умения и навыки. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет.

✓ 75-61 балл – проведен достаточно самостоятельный анализ основных этапов и смысловых составляющих проблемы; понимание базовых основ и теоретического обоснования выбранной темы. Привлечены основные источники по рассматриваемой теме. Допущено не более 2 ошибок в смысле или содержании проблемы

✓ 60-50 баллов - если работа представляет собой пересказанный или полностью переписанный исходный текст без каких бы то ни было комментариев, анализа. Не раскрыта структура и теоретическая составляющая темы. Допущено три или более трех ошибок смыслового содержания раскрываемой проблемы

### **Шкала оценивания**

Менее 60 баллов	незачтено	неудовлетворительно
От 61 до 75 баллов	зачтено	удовлетворительно
От 76 до 85 баллов	зачтено	хорошо
От 86 до 100 баллов	зачтено	отлично

## Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

**Текущая аттестация студентов.** Текущая аттестация студентов по дисциплине «Экономические сети» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Экономические сети» проводится в форме собеседования и защиты проекта и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- степень усвоения теоретических знаний - оценивается в форме собеседования;
- уровень овладения практическими умениями и навыками – оценивается в форме защиты проекта.

**Промежуточная аттестация студентов.** Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Экономические сети» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

По дисциплине предусмотрен зачет, который проводится в письменной форме и с использованием защиты проекта.

### Критерии выставления оценки студенту на зачете по дисциплине «Экономические сети»

Баллы (рейтингов ой оценки)	Оценка зачета/ экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
86-100	«зачтено»/ «отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

76-85	<i>«зачтено»/ «хорошо»</i>	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
61-75	<i>«зачтено»/ «удовлетворительно»</i>	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
0-60	<i>«не зачтено»/ «неудовлетворительно»</i>	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.