МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА МАТЕМАТИКИ И МОДЕЛИРОВАНИЯ

Фонд оценочных средств
для проведения текущего контроля
и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

ТЕОРИЯ СЛОЖНЫХ СЕТЕЙ

Направление и направленность (профиль)
01.03.04 Прикладная математика. Цифровая экономика

Год набора на ОПОП
2023

Форма обучения
очная

Владивосток 2026

1 Перечень формируемых компетенций

Название ОПОП ВО, сокращенное	Код и формулировка компетенции	Код и формулировка индикатора достижения компетенции
01.03.04 «Прикладная математика» (Б-ПМ)	ПКВ-5 : Способен применять математические методы анализа глобальной экономики, макро- и микроэкономических процессов и систем	ПКВ-5.1к : Применяет математические методы и модели межотраслевого, межрегионального и межстранового социально-экономического анализа, макромодели экономической динамики
		ПКВ-5.2к : Применяет и совершенствует математические методы и модели анализа микроэкономических процессов и систем

Компетенция считается сформированной на данном этапе в случае, если полученные результаты обучения по дисциплине оценены положительно (диапазон критериев оценивания результатов обучения «зачтено», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично»). В случае отсутствия положительной оценки компетенция на данном этапе считается несформированной.

2 Показатели оценивания планируемых результатов обучения

Компетенция ПКВ-5 «Способен применять математические методы анализа глобальной экономики, макро- и микроэкономических процессов и систем»

Таблица 2.1 – Критерии оценки индикаторов достижения компетенции

Код и формулировка индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине			Критерии оценивания результатов обучения
	Код рез-та	Тип рез-та	Результат	
ПКВ-5.1к : Применяет математические методы и модели межотраслевого, межрегионального и межстранового социально-экономического анализа, макромодели экономической динамики	РД 1	Знание	основных характеристик и моделей сложных сетей	- правильность ответа по содержанию задания; - полнота и глубина ответа.
	РД 2	Умение	анализировать модели сложных сетей в экономических задачах	умение решать стандартные задачи курса, основные типы которых разбираются на практических занятиях
	РД 3	Навык	применения методов сетевого анализа для решения конкретных производственных задач	умение решать стандартные задачи курса, основные типы которых разбираются на практических занятиях.
ПКВ-5.2к : Применяет и совершенствует математические методы и модели анализа микроэкономических процессов и систем	РД 1	Знание	основных характеристик и моделей сложных сетей	- правильность ответа по содержанию задания; - полнота и глубина ответа.
	РД 2	Умение	анализировать модели сложных сетей в экономических задачах	умение решать стандартные задачи курса, основные типы которых разбираются на практических занятиях
	РД 3	Навык	применения методов сетевого анализа для решения конкретных производственных задач	умение решать стандартные задачи курса, основные типы которых разбираются на практических занятиях.

Таблица заполняется в соответствии с разделом 1 Рабочей программы дисциплины (модуля).

3 Перечень оценочных средств

Таблица 3 – Перечень оценочных средств по дисциплине (модулю)

Контролируемые планируемые результаты обучения		Контролируемые темы дисциплины	Наименование оценочного средства и представление его в ФОС	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
Очная форма обучения				
РД1	Знание : основных характеристик и моделей сложных сетей	1.4. Сложные сети. Характеристики сложных сетей.	Индивидуальное домашнее задание	Итоговый тест
			Тест	Итоговый тест
		1.5. Математические модели сложных сетей	Контрольная работа	Итоговый тест
			Тест	Итоговый тест
РД2	Умение : анализировать модели сложных сетей в экономических задачах	1.4. Сложные сети. Характеристики сложных сетей.	Индивидуальное домашнее задание	Итоговый тест
			Тест	Итоговый тест
		1.5. Математические модели сложных сетей	Контрольная работа	Итоговый тест
			Тест	Итоговый тест
РД3	Навык : применения методов сетевого анализа для решения конкретных производственных задач	1.1. Основные понятия теории графов	Контрольная работа	Итоговый тест
			Тест	Итоговый тест
		1.2. Сети и их характеристики. Задачи минимизации сетей	Индивидуальное домашнее задание	Итоговый тест
			Контрольная работа	Итоговый тест
			Тест	Итоговый тест
		1.3. Сетевые методы и модели планирования	Контрольная работа	Итоговый тест
			Тест	Итоговый тест

4 Описание процедуры оценивания

Качество сформированности компетенций на данном этапе оценивается по результатам текущих и промежуточных аттестаций при помощи количественной оценки, выраженной в баллах. Максимальная сумма баллов по дисциплине (модулю) равна 100 баллам.

Вид учебной деятельности	Оценочное средство						
	Тесты №1-5	Контрольные работы №1-3	ИДЗ №1-2	Работа у доски	Посещение занятий	Итоговый тест	Итого
Лекции					5		5
Практические занятия	25	30		5	5		65
Самостоятельная работа			10				10
Промежуточная аттестация						20	20
Итого	25	30	10	5	10	20	100

Сумма баллов, набранных студентом по всем видам учебной деятельности в рамках дисциплины, переводится в оценку в соответствии с таблицей.

Сумма баллов по дисциплине	Оценка по промежуточной аттестации	Характеристика качества сформированности компетенции
от 91 до 100	«зачтено» / «отлично»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций, обнаруживает всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой, умеет свободно выполнять практические задания, предусмотренные программой, свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
от 76 до 90	«зачтено» / «хорошо»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
от 61 до 75	«зачтено» / «удовлетворительно»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков по некоторым дисциплинарным компетенциям, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
от 41 до 60	«не зачтено» / «неудовлетворительно»	У студента не сформированы дисциплинарные компетенции, проявляется недостаточность знаний, умений, навыков.
от 0 до 40	«не зачтено» / «неудовлетворительно»	Дисциплинарные компетенции не сформированы. Проявляется полное или практически полное отсутствие знаний, умений, навыков.

5 Примерные оценочные средства

5.1 Примеры заданий для выполнения контрольных работ

Контрольная работа №1

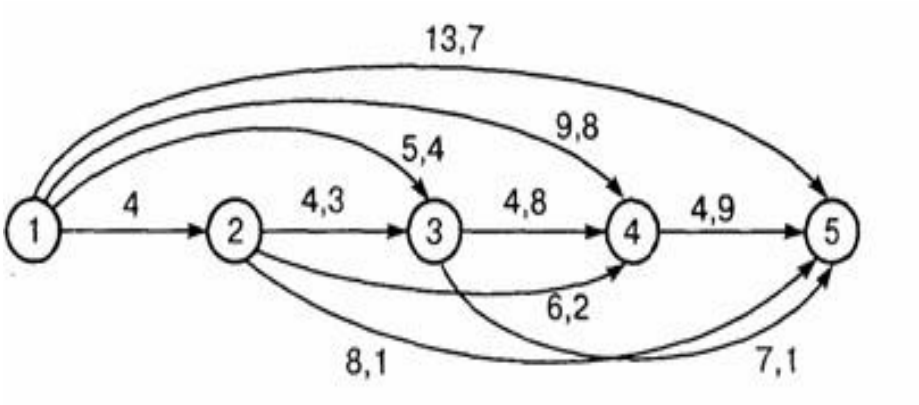
Построить граф отношения «x+y<=7» на множестве M={1,2,3,4,5,6}. Найти: матрицу смежности, матрицу инциденций, вектор удаленности, центр, переферийные вершины, радиус графа, диаметр графа.

Критерии оценки для контрольной работы №1:

Баллы	Критерии
15	Задание выполнено полностью и абсолютно правильно.
11-14	Задание выполнено полностью и правильно, но решение содержит некоторые неточности и несущественные ошибки.
5-10	Задание выполнено не полностью, с существенными ошибками, но подход к решению, идея решения, метод правильны.
1-4	Задание выполнено частично, имеет ошибки, осуществлена попытка решения на основе правильных методов и идей решения.
0	Задание не выполнено.

Контрольная работа №2

Фирма по прокату автомобилей планирует замену автомобильного парка на очередные 5 лет. Автомобиль должен проработать не менее 1 года, прежде чем фирма поставит вопрос о его замене. На рисунке приведены стоимости замены автомобилей (усл. ед.), зависящие от времени замены и количества лет, в течение которых автомобиль находился в эксплуатации.

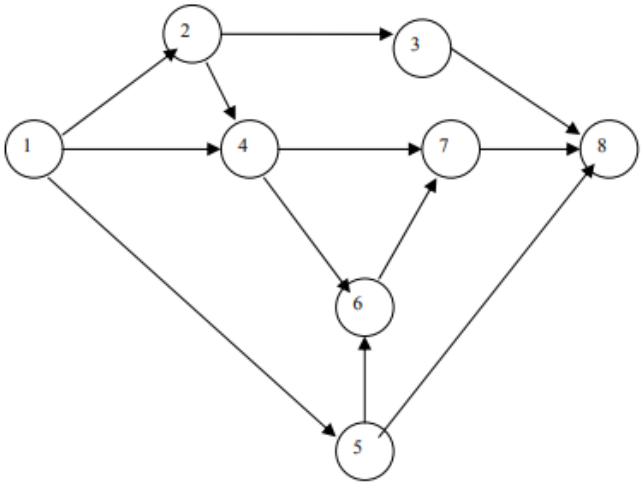


Определить план замены автомобилей, обеспечивающий при этом минимальные расходы.

Контрольная работа №3

Для заданной сетевой модели некоторого комплекса работ, изображенной на рисунке, определить время и критический путь.

Коды работ	Длительность работ (дни)
1-2	7
2-3	1
3-8	4
1-4	8
4-6	8
4-7	9
6-7	5
7-8	3
1-5	4
5-8	12
2-4	0
5-6	0



Краткие методические указания

Контрольная работа позволяет определить уровень усвоения материала. Перед выполнением контрольной работы необходимо ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в презентациях и на лекции, проработать методы решения задач, рассмотренных в типовых примерах. За разъяснением трудно усваиваемых вопросов курса необходимо обратиться к преподавателю.

Шкала оценки

Оценка	Баллы	Описание
5	26-30	задания выполнены полностью и правильно
4	11-25	задания выполнены полностью, с несущественными ошибками, но подход к решению, идея решения, метод правильны
3	4-10	задания выполнены полностью, с существенными ошибками, но подход к решению, и дея решения, метод правильны
2	0-3	задания не выполнены или выполнены неправильно

5.2 Варианты индивидуальных домашних заданий

ИДЗ №1

Даны пути сетевого графика и продолжительность работ:

L1: 0-1, 1-2, 2-5, 5-7, 7-8
L2: 0-1, 1-4, 4-7, 7-8
L3: 0-1, 1-4, 4-5, 5-7, 7-8
L4: 0-1, 1-3, 3-6, 6-7, 7-8

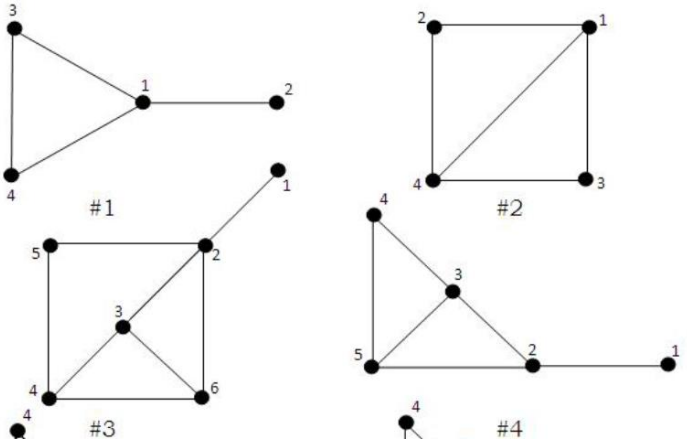
Работы	Продолжительность работ
0-1	3
1-2	3
1-3	3
1-4	4
2-5	4
3-6	5
4-5	3,5
4-7	6
5-7	4,5
6-7	5,5
7-8	1

По заданному перечню работ необходимо:

1. Построить сетевой график.
2. Определить продолжительности полных путей графика.
3. Определить и выделить критический путь.
4. Определить резерв времени каждого пути.
5. Определить ранние и поздние сроки начала и окончания работы.
6. Определить полный резерв времени каждой работы.

ИДЗ №2

На рисунке приведены примеры сетей. Определите коэффициенты кластеризации сетей и их узлов.



Краткие методические указания

При выполнении индивидуальных домашних заданий необходимо использовать теоретический материал, делать ссылки на соответствующие свойства, формулы и др. Решение ИДЗ выполняется подробно и содержит необходимые пояснительные ссылки.

Шкала оценки

Оценка	Баллы	Описание
5	8-10	задания выполнены полностью и правильно, работа оформлена согласно требованиям, решение содержит некоторые неточности и несущественные ошибки;
4	5-7	задания выполнены полностью, с несущественными ошибками, но подход к решению, идея решения, метод правильны, работа оформлена согласно требованиям;

3	2-4	задания выполнены полностью, с существенными ошибками, но подход к решению, и дея решения, метод правильны, работа оформлена не по требованиям
2	0-1	задания не выполнены или выполнены неправильно

5.3 Примеры тестовых заданий

Тест №1 (к теме 1)

Задание 1. **Прочитайте текст, выберите все** *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**
Графом называются: 1) пара V(G), E(G), где V(G) - непустое конечное множество элементов, называемых, вершинами, а E(G) - конечное семейство неупорядоченных пар элементов из V(G) (не обязательно различных), называемых ребрами 2) V(G) - непустое конечное множество элементов, называемых вершинами 3) E(G) - конечное семейство неупорядоченных пар элементов из V(G) (не обязательно различных), называемых ребрами 4) непустое множество точек и множество отрезков, оба конца которых принадлежат заданному множеству точек
Ответ: Обоснование:

Задание 2. **Прочитайте текст, выберите все** *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**
Вершинами графа называется: 1) непустое множество точек и множество отрезков, оба конца которых принадлежат заданному множеству точек. Точки иначе называются вершинами. 2) непустое множество точек и множество отрезков, оба конца которых принадлежат заданному множеству точек. Отрезки иначе называются вершинами. 3) пара V(G), E(G), где V(G) - непустое конечное множество элементов, называемых вершинами, а E(G) - конечное семейство неупорядоченных пар элементов из V(G), называемых ребрами. 4) непустое множество точек и множество отрезков, оба конца которых принадлежат заданному множеству точек. Точки и отрезки иначе называются вершинами.
Ответ: Обоснование:

Задание 3. **Прочитайте текст, выберите все** *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**
Степенью вершины графа называется: 1) число ребер графа, которым принадлежит эта вершина. 2) число вершин в графе. 3) число ребер и вершин графа. 4) число ребер, инцидентных v.
Ответ: Обоснование:

Задание 4.
Прочитайте текст, выберите все *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**

Граф называется двудольным:
1) если множество вершин графа можно разбить на два непересекающихся подмножества V1 и V2 так, что каждое ребро в G соединяет какую-нибудь вершину из V1 с какой-либо вершиной из V2, тогда G называется двудольным графом.
2) в терминах раскраски вершин графа двумя цветами, скажем красным и синим, граф называется двудольным, если каждую его вершину можно окрасить красным или синим цветом так, чтобы любое ребро имело один конец красный, а другой – синий.
3) если он несвязный.
4) если он связный.

Ответ:

Обоснование:

Задание 5.
Прочитайте текст, выберите все *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**

Граф называется регулярным:
1) если все вершины графа имеют одну и ту же степень.
2) если у него число вершин равно числу ребер.
3) если он имеет только висячие вершины.
4) если он не имеет петель.

Ответ:

Обоснование:

Тест №2 (к теме 2)

Задание 1.
Прочитайте текст, выберите все *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**

Сетевой график – это:
1) совокупность G множества вершин E и дуг e.
2) упорядоченное множество вершин.
3) ориентированный граф без контуров, дуги которого имеют одну или несколько числовых характеристик.
4) вершины, соединенные дугами, имеющими одну или несколько числовых характеристик.

Ответ:

Обоснование:

Задание 2.
Прочитайте текст, выберите все *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**

Работа – это:
1) итог того или иного процесса.
2) промежуточный или окончательный результат выполнения события.
3) трудовой процесс или действие не требующее ни затрат времени, ни ресурсов.
4) трудовой процесс или действие, сопровождающееся затратами времени и ресурсов.

Ответ:

Обоснование:

Задание 3.
Прочитайте текст, выберите все *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**

Событие – это:
1) трудовой процесс или действие, сопровождающееся затратами времени и ресурсов.
2) промежуточный или окончательный результат выполнения работы.
3) итог того или иного процесса промежуточный или окончательный результат выполнения работы.
4) итог того или иного процесса промежуточный или окончательный результат выполнения работы, который позволяет приступить к последующим работам.

Ответ:

Обоснование:

Задание 4.
Прочитайте текст, выберите все *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**

Путь – это:
1) последовательность событий.
2) когда начало последующей работы обусловлено окончанием предыдущей.
3) результат выполнения предшествующих работ от начала выполнения проекта до конечной цели.
4) любая непрерывная логическая последовательность работ от исходного события до завершающего.

Ответ:

Обоснование:

Задание 5.
Прочитайте текст, выберите все *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**

При планировании комплекса работ применяются следующие виды сетевых моделей:
1) в терминах путей; в резервах времени работ; в резервах времени путей.
2) в терминах событий; в резервах времени событий; в терминах путей.
3) в терминах работ; в резервах времени работ; в терминах событий.
4) в терминах событий; в терминах работ; в терминах работ и событий.

Ответ:

Обоснование:

Тест №3 (к теме 3)

Задание 1.
Прочитайте текст, выберите все *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**

Ранним сроком свершения события называется:
1) длина некритического пути.

2) самый ранний момент времени, к которому завершаются все предшествующие этому событию работы.
3) самый ранний момент времени, к которому завершаются все предшествующие события.
4) продолжительность максимального пути, предшествующего событию.

Ответ:

Обоснование:

Задание 2.
Прочитайте текст, выберите все *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**

Поздним сроком свершения события называется:
1) продолжительность максимального пути, предшествующего событию.
2) самый поздний момент времени, после которого остается ровно столько времени, сколько необходимо для завершения всех работ, следующих за этим событием.
3) самый поздний момент времени, после которого остается ровно столько времени, сколько необходимо для завершения всех событий, следующих за этим событием.
4) разность между продолжительностью критического пути и продолжительностью максимального из последующих за событием путей.

Ответ:

Обоснование:

Задание 3.
Прочитайте текст, выберите все *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**

Ранним (поздним) сроком начала работы называется:
1) минимальное (максимальное) время, необходимое для выполнения любой работы.
2) разность между поздним сроком свершения конечного события и ранним сроком свершения начального события.
3) ранний срок свершения события (разность между поздним сроком свершения ее конечного события и величиной продолжительности этой работы).
4) поздний срок свершения события (разность между ранним сроком свершения ее конечного события и величиной продолжительности этой работы).

Ответ:

Обоснование:

Задание 4.
Прочитайте текст, выберите все *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**

Ранним (поздним) сроком окончания работы называется:
1) ранний срок свершения события (разность между поздним сроком свершения ее конечного события и величиной продолжительности этой работы).
2) сумма раннего срока свершения начального события и продолжительности события.
3) разность между поздним сроком свершения ее конечного события и величиной продолжительности этой работы.
4) сумма раннего срока свершения начального события и продолжительности этой работы (поздний срок свершения ее конечного события).

Ответ:

Обоснование:

Задание 5.
Прочитайте текст, выберите все *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**

Оптимизация сетевых графиков проводится:
1) по сокращению полного резерва времени; по сокращению независимого резерва времени; по времени
2) по времени; по переносе ранних и поздних сроков свершения событий; по переносе ранних и поздних сроков выполнения работ
3) по критериям времени; по критериям стоимости; по ресурсам
4) по сокращению полного резерва времени; по сокращению ресурсов; по использованию резервов времени событий.

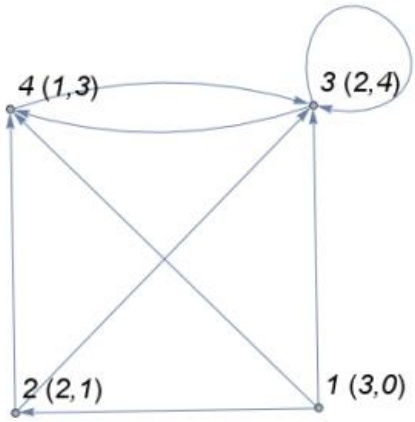
Ответ:

Обоснование:

Тест №4 (к теме 4)

Задание 1.
Прочитайте текст задания, решите задачу, выполнив необходимые расчёты. Запишите ответ в виде числа и решение. Ответ округлить до сотых.

На рисунке изображен ориентированный граф. В скобках указываются значения мощностей узлов.



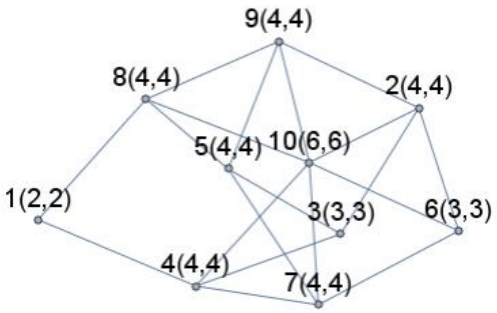
Информационная сложность данного графа равна:

Ответ:

Решение:

Задание 2.
Прочитайте текст задания, решите задачу, выполнив необходимые расчёты. Запишите ответ в виде числа и решение. Ответ округлить до сотых.

На рисунке изображен граф Бернулли с 10-ю узлами и вероятностью связи 0,5.



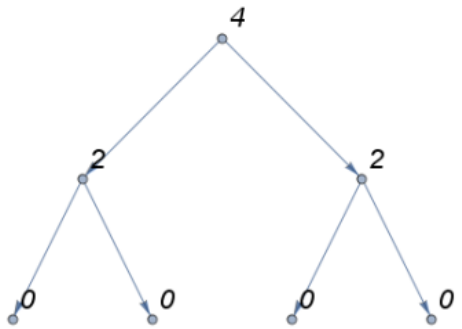
Коэффициент синергии данного графа равен:

Ответ:

Решение:

Задание 3.
Прочитайте текст задания, решите задачу, выполнив необходимые расчёты. Запишите ответ в виде числа и решение. Ответ округлить до сотых.

На рисунке изображена древовидная структура, в которой каждому узлу, находящемуся в самом низу иерархии, соответствует вес равный 0. Для узлов, находящегося на вышележащем уровне, веса вычисляются рекуррентно, как сумма весов, связанных с ним узлов низлежащего уровня.



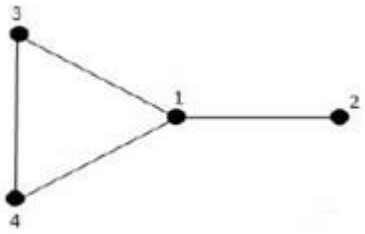
Коэффициент энтропии данной иерархической системы равен:

Ответ:

Решение:

Задание 4.
Прочитайте текст задания, решите задачу, выполнив необходимые расчёты. Запишите ответ в виде числа и решение. Ответ округлить до сотых.

На рисунке представлен пример сети.



Коэффициент кластеризации данной сети равен:

Ответ:

Решение:

Задание 5.
Прочитайте текст, выберите все *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**

Параметр сложной сети показывающий, сколько кратчайших путей проходит через узел, называется:
1) посредничество.
2) центральность.
3) эксцентричность.
4) входная степень узла.

Ответ:

Обоснование:

Тест №5 (к теме 5)

Задание 1.
Прочитайте текст, выберите все *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**

В модели сложной сети «Случайный граф Эрдёша-Реньи» правило роста заключается в:
1) случайном соединение узлов.
2) предпочтительном присоединение к узлам с большим количеством связей.
3) связи с ближайшими соседями и небольшой долей «длинных связей».
4) воспроизводстве однотипных структур на разных масштабах сети.

Ответ:

Обоснование:

Задание 2.
Прочитайте текст, выберите все *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**

В модели сложной сети «Безмасштабная сеть» правило роста заключается в:
1) случайном соединение узлов.
2) предпочтительном присоединение к узлам с большим количеством связей.
3) связи с ближайшими соседями и небольшой долей «длинных связей».
4) воспроизводстве однотипных структур на разных масштабах сети.

Ответ:

Обоснование:

Задание 3.
Прочитайте текст, выберите все *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**

Свойства модели сложной сети «Случайный граф Эрдёша-Реньи»:
1) малая кластеризация, фазовый переход.
2) малый диаметр, наличие «хабов».
3) высокая кластеризация, малый диаметр.
4) большой диаметр, отталкивание «хабов».

Ответ:

Обоснование:

Задание 4.
Прочитайте текст, выберите все *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**

Свойства модели сложной сети «Безмасштабная сеть»:
1) малая кластеризация, фазовый переход
2) малый диаметр, наличие «хабов»
3) высокая кластеризация, малый диаметр
4) большой диаметр, отталкивание «хабов».

Ответ:

Обоснование:

Задание 5.
Прочитайте текст, выберите все *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**



На рисунке изображен пример:
1) сложной «безмасштабной сети»
2) сложной «самоподобной сети»
3) сложной сети «Малый мир»
4) сложной сети «Случайный граф Эрдёша-Реньи».

Ответ:

Обоснование:

Краткие методические указания

Тесты содержат тестовые задания с выбором одного или нескольких правильных ответов, а также с записью ответа в виде числа.

Шкала оценки

для каждого теста

Баллы	Описание
5	Студент ответил на все вопросы теста правильно.
4	Студент ответил на большинство вопросов теста правильно, но ответы на некоторые вопросы содержат неточности и несущественные ошибки.
3	Студент ответил на большую часть вопросов теста правильно, но ответы на некоторые вопросы содержат существенные ошибки.

0-2	Ответы студента на большинство вопросов содержат существенные ошибки.

5.4 Итоговый Тест

Задание 1.
Прочитайте текст, выберите все *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**

Орграфом называется:
1) пара V(D), A(D), где V(D) непустое конечное множество элементов, называемых вершинами, а A(D) - конечное семейство упорядоченных пар элементов из V(D), называемых дугами (или ориентированными ребрами).
2) пара V(G), E(G), где V(G) - непустое конечное множество элементов, называемых вершинами, а E(G) - конечное семейство неупорядоченных пар элементов из V(G),E(G) V(G) (не обязательно различных), называемых ребрами.
3) такая пара, что $E \subseteq V \times V$. Элементы множества E для орграфа называются дугами. Дуга в орграфе изображается линией со стрелкой, указывающей ориентацию дуги, т.е. направление от начала к концу.
4) полный ориентированный граф.

Ответ:

Обоснование:

Задание 2.
Прочитайте текст, выберите все *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**

Ориентированным полным графом называется:
1) граф, каждая пара вершин которого соединена в точности одним ориентированным ребром.
2) граф с неориентированными ребрами.
3) граф, у которого число вершин строго равно числу ребер.
4) граф, во всех вершинах которого имеются петли.

Ответ:

Обоснование:

Задание 3.
Прочитайте текст, выберите все *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**

Путем от v1 до v2 в графе называется:
1) такая последовательность ребер, ведущая от v1 к v2, в которой каждые два соседних ребра имеют общую вершину и никакое ребро не встречается более одного раза.
2) последовательность вершин от v1 до v2.
3) число его ребер.
4) петля висячей вершины.

Ответ:

Обоснование:

Задание 4.
Прочитайте текст, выберите все *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**

Путь называется критическим, если:
1) суммарная продолжительность работ на нем будет минимальной.
2) суммарная продолжительность работ на нем будет максимальной.
3) суммарная продолжительность работ на нем будет иметь резерв времени.
4) работы, лежащие на нем, будут обладать резервом времени.

Ответ:

Обоснование:

Задание 5.
Прочитайте текст, выберите все *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**

Способы построения сетевых графиков:
1) в терминах событий; в терминах работ; в терминах работ и событий.
2) от исходного события к завершающему событию; событие с большим порядковым номером показывается левее события с меньшим порядковым номером; не избегать взаимного пересечения стрелок.
3) от середины к концу; от начала к концу; в терминах событий.
4) от середины к концу и началу; от начала к концу; от конца к началу.

Ответ:

Обоснование:

Задание 6.
Прочитайте текст, выберите все *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**

Этапы составления сетевых графиков:
1) а) формируется задание; б) определяется уровень выполнения проекта; в) определяется конечная цель проекта.
2) а) формируется задание; б) составляется структурная схема разработки; в) проект делится на подсистемы.
3) а) формируется задание; б) составляется перечень работ; в) определяются, какие работы могут быть выполнены одновременно.
4) а) формируется задание; б) составляется структурная схема разработки; в) составляется перечень работ, последовательность работ.

Ответ:

Обоснование:

Задание 7.
Прочитайте текст, выберите все *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**

Продолжительность работ сетевого графика определяется:
1) с использованием вероятностных оценок; оптимистических и пессимистических оценок; наиболее возможного времени выполнения.
2) по достигнутой производительности работ; исходя из объема работ; исходя из численности рабочих.
3) по разработанным нормам времени; методом экспертных оценок; с использованием вероятностных оценок.
4) по достигнутой производительности труда; по разработанным нормам времени; методом экспертных оценок; с использованием вероятностных оценок.

Ответ:

Обоснование:

Задание 8.
Прочитайте текст, выберите все *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**

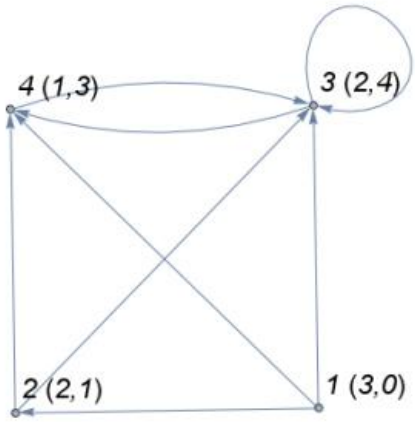
Алгоритм определения критического пути содержит следующие шаги:
1) а) упорядочиваем вершины графика по рангам; б) определяем возможные состояния системы на начало последнего этапа работ; в) находим максимальную продолжительность работ на последнем этапе; г) определяем возможные состояния системы на начало предпоследнего этапа работ; д) определяем максимальную продолжительность пути от событий предпоследнего этапа до последнего события и т. д.; ж) проходим процесс вычислений от начального события к конечному.
2) а) упорядочиваем вершины графика по рангам; б) находим ранние сроки свершения событий; в) находим максимальную продолжительность работы на последнем этапе; г) находим резервы времени событий; д) определяем максимальную продолжительность пути от событий предпоследнего этапа до последнего события и т. д.; ж) проходим процесс вычислений от начального события к конечному.
3) а) упорядочиваем вершины графика по рангам; б) находим ранние сроки свершения событий; в) находим поздние сроки свершения событий; г) находим резервы времени событий; д) определяем максимальную продолжительность пути от событий предпоследнего этапа до последнего события и т. д.; ж) проходим процесс вычислений от начального события к конечному.
4) а) упорядочиваем вершины графика по рангам; б) определяем возможные продолжительности работ; в) находим максимальную продолжительность работы на последнем этапе; г) определяем возможные состояния системы на начало предпоследнего этапа работ; д) определяем максимальную продолжительность пути от исходного события до последнего события и т. д.; ж) проходим процесс вычислений от начального события к конечному.

Ответ:

Обоснование:

Задание 9.
Прочитайте текст задания, решите задачу, выполнив необходимые расчёты. Запишите ответ в виде числа и решение. Ответ округлить до сотых.

На рисунке изображен ориентированный граф. В скобках указываются значения мощностей узлов.



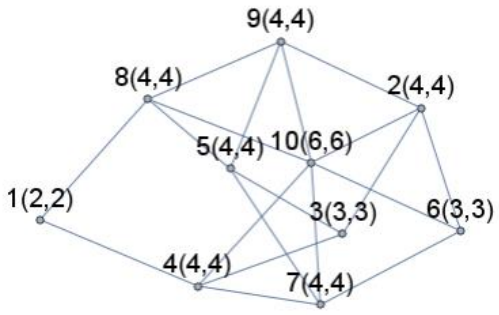
Коэффициент синергии данного графа равен:

Ответ:

Решение:

Задание 10.
Прочитайте текст задания, решите задачу, выполнив необходимые расчёты. Запишите ответ в виде числа и решение. Ответ округлить до сотых.

На рисунке изображен граф Бернулли с 10-ю узлами и вероятностью связи 0,5.



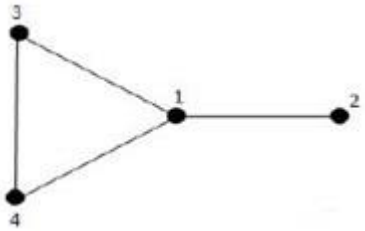
Информационная сложность данного графа равна:

Ответ:

Решение:

Задание 11.
Прочитайте текст задания, решите задачу, выполнив необходимые расчёты. Запишите ответ в виде числа и решение. Ответ округлить до сотых.

На рисунке представлен пример сети.



Среднее значение кратчайшего пути для данной сети равно:

Ответ:

Решение:

Задание 12.
Прочитайте текст, выберите все *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**

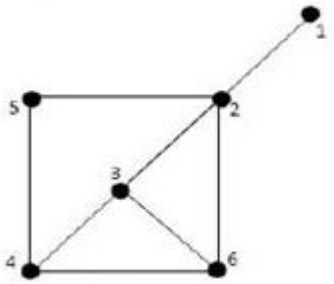
Параметр сложной сети, показывающий наибольшее из минимальных расстояний от данного узла до других называется:
1) эксцентричность.
2) расстояние от одного узла до других.
3) центральность.
4) посредничество.

Ответ:

Обоснование:

Задание 13.
Прочитайте текст задания, решите задачу, выполнив необходимые расчёты. Запишите ответ в виде числа и решение. Ответ округлить до сотых.

На рисунке представлен пример сети.



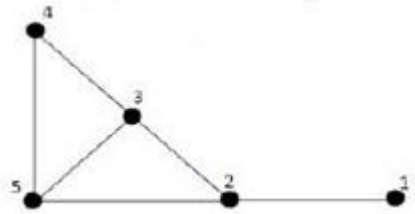
Коэффициент кластеризации данной сети равен:

Ответ:

Решение:

Задание 14.
Прочитайте текст задания, решите задачу, выполнив необходимые расчёты. Запишите ответ в виде числа и решение. Ответ округлить до сотых.

На рисунке представлен пример сети.



Транзитивность данной сети равна:

Ответ:

Решение:

Задание 15.
Прочитайте текст, выберите все *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**

В модели сложной сети «Малый мир» правило роста заключается в:
1) случайном соединение узлов.
2) предпочтительном присоединение к узлам с большим количеством связей.
3) связи с ближайшими соседями и небольшой долей «длинных связей».
4) воспроизводстве однотипных структур на разных масштабах сети.

Ответ:

Обоснование:

Задание 16.
Прочитайте текст, выберите все *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**

В модели сложной сети «Самоподобная сеть» правило роста заключается в:
1) случайном соединение узлов.
2) предпочтительном присоединение к узлам с большим количеством связей.
3) связи с ближайшими соседями и небольшой долей «длинных связей».
4) воспроизводстве однотипных структур на разных масштабах сети.

Ответ:

Обоснование:

Задание 17.
Прочитайте текст, выберите все *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**

Свойства модели сложной сети «Малый мир»:
1) малая кластеризация, фазовый переход.
2) малый диаметр, наличие «хабов».
3) высокая кластеризация, малый диаметр.
4) большой диаметр, отталкивание «хабов».

Ответ:

Обоснование:

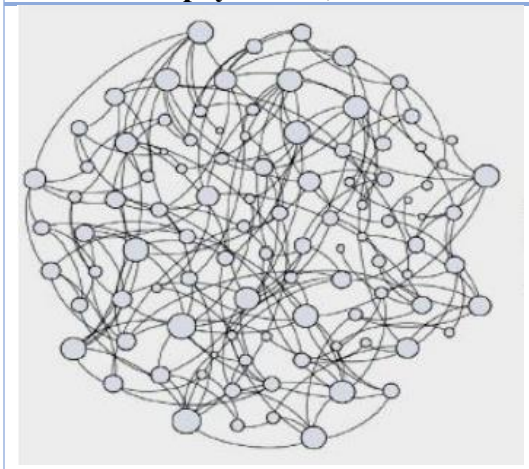
Задание 18.
Прочитайте текст, выберите все *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**

Свойства модели сложной сети «Самоподобная сеть»:
1) малая кластеризация, фазовый переход.
2) малый диаметр, наличие «хабов».
3) высокая кластеризация, малый диаметр.
4) большой диаметр, отталкивание «хабов».

Ответ:

Обоснование:

Задание 19.
Прочитайте текст, выберите все *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**



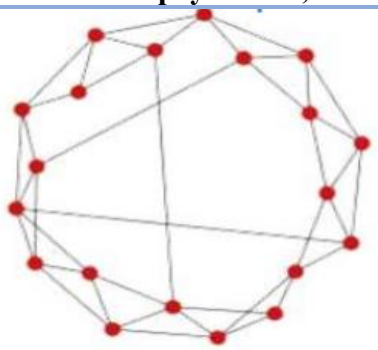
На рисунке изображен пример:
1) сложной «безмасштабной сети».
2) сложной «самоподобной сети».

3) сложной сети «Малый мир».
4) сложной сети «Случайный граф Эрдёша-Реньи».

Ответ:

Обоснование:

Задание 20.
Прочитайте текст, выберите все *(один или несколько)* **правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа**



На рисунке изображен пример:
1) сложной «безмасштабной сети».
2) сложной «самоподобной сети».
3) сложной сети «Малый мир».
4) сложной сети «Случайный граф Эрдёша-Реньи».

Ответ:

Обоснование:

Краткие методические указания

Тест содержит тестовые задания с выбором одного или нескольких правильных ответов, а также с записью ответа в виде числа.

Шкала оценки

Оценка	Баллы	Описание
5	18-20	Студент ответил на все вопросы теста правильно.
4	11–17	Студент ответил на большинство вопросов теста правильно, но ответы на некоторые вопросы содержат неточности и несущественные ошибки.
3	6-10	Студент ответил на большую часть вопросов теста правильно, но ответы на некоторые вопросы содержат существенные ошибки.
2	0-5	Ответы студента на большинство вопросов содержат существенные ошибки.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА МАТЕМАТИКИ И МОДЕЛИРОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины (модуля)

ТЕОРИЯ СЛОЖНЫХ СЕТЕЙ

Направление и направленность (профиль)
01.03.04 Прикладная математика. Цифровая экономика

Год набора на ОПОП
2023

Форма обучения
очная

Владивосток 2026

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Теория сложных сетей» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.04 Прикладная математика (утв. приказом Минобрнауки России от 10.01.2018г. №11) и Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утв. приказом Минобрнауки России от 06.04.2021 г. N245).

Составитель(и):

Гресько А.А.

Утверждена на заседании кафедры математики и моделирования от 14.05.2026 , протокол № 8

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой (разработчика)

Галимзянова К.Н.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат	1599657997
Номер транзакции	0000000000F6B631
Владелец	Галимзянова К.Н.

1 Цель, планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)

Целью освоения дисциплины «Теория сложных сетей» является ознакомление студентов с фундаментальными понятиями и математическим аппаратом теории сложных сетей и графов. Данная дисциплина призвана познакомить с основными понятиями теории сложных сетей, методами исследования различных типов объектов и подструктур в сетях, а также с рядом классических задач на графах и сетях, описанием алгоритмов их решения, анализом трудоемкости алгоритмов.

Задачи освоения дисциплины:

– ознакомление студентов с фундаментальными понятиями теории сложных сетей для последующего свободного их использования;

– изучение современной проблематики теории сложных сетей;

– усвоение постановок задач теории сложных сетей и методов их решения;

– овладение основными теоретико-графовыми алгоритмами;

– применение моделей сложных сетей к различным областям науки.

Планируемыми результатами обучения по дисциплине (модулю), являются знания, умения, навыки. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы, представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, формируемые в результате изучения дисциплины (модуля)

Название ОПОП ВО, сокращенное	Код и формулировка компетенции	Код и формулировка индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине		
			Код результата	Формулировка результата	
01.03.04 «Прикладная математика» (Б-ПМ)	ПКВ-5 : Способен применять математические методы анализа глобальной экономики, макро- и микроэкономических процессов и систем	ПКВ-5.1к : Применяет математические методы и модели межотраслевого, межрегионального и межстранового социально-экономического анализа, макромодели экономической динамики	РД1	Знание	основных характеристик и моделей сложных сетей
			РД2	Умение	анализировать модели сложных сетей в экономических задачах
			РД3	Навык	применения методов сетевого анализа для решения конкретных производственных задач
		ПКВ-5.2к : Применяет и совершенствует математические методы и модели анализа микроэкономических процессов и систем	РД1	Знание	основных характеристик и моделей сложных сетей
			РД2	Умение	анализировать модели сложных сетей в экономических задачах
			РД3	Навык	применения методов сетевого анализа для решения конкретных производственных задач

В процессе освоения дисциплины решаются задачи воспитания гармонично развитой, патриотичной и социально ответственной личности на основе традиционных российских духовно-нравственных и культурно-исторических ценностей, представленные в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Целевые ориентиры воспитания

Воспитательные задачи	Формирование ценностей	Целевые ориентиры
Формирование гражданской позиции и патриотизма		
Развитие патриотизма и гражданской ответственности	Патриотизм	Активная жизненная позиция
Формирование духовно-нравственных ценностей		
Воспитание нравственности, милосердия и сострадания	Высокие нравственные идеалы	Доброжелательность и открытость
Формирование научного мировоззрения и культуры мышления		
Развитие познавательного интереса и стремления к знаниям	Созидательный труд	Гибкость мышления
Формирование коммуникативных навыков и культуры общения		
Воспитание культуры диалога и уважения к мнению других людей	Коллективизм	Чувство коллективизма

2 Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Теория сложных сетей» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений «Блока 1 Дисциплины (модули)» учебного плана направления 01.03.04 «Прикладная математика». Цифровая экономика.

3. Объем дисциплины (модуля)

Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу с обучающимися (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу, приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Общая трудоемкость дисциплины

Название ОПОП ВО	Форма обуче-ния	Часть УП	Семестр (ОФО) или курс (ЗФО, ОЗФО)	Трудо-емкость	Объем контактной работы (час)						СРС	Форма аттес-тации
				(З.Е.)	Всего	Аудиторная			Внеауди-торная			
						лек.	прак.	лаб.	ПА	КСР		
01.03.04 Прикладная математика	ОФО	Б1.В	7	3	25	8	16	0	1	0	83	З

4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

4.1 Структура дисциплины (модуля) для ОФО

Тематический план, отражающий содержание дисциплины (перечень разделов и тем), структурированное по видам учебных занятий с указанием их объемов в соответствии с учебным планом, приведен в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Разделы дисциплины (модуля), виды учебной деятельности и формы текущего контроля для ОФО

№	Название темы	Код результата обучения	Кол-во часов, отведенное на				Форма текущего контроля
			Лек	Практ	Лаб	СРС	
1	Основные понятия теории графов	РД3	2	2	0	13	контрольная работа, тест
2	Сети и их характеристики. Задачи минимизации сетей	РД3	2	4	0	20	контрольная работа, индивидуальное домашнее задание, тест
3	Сетевые методы и модели планирования	РД3	1	4	0	15	контрольная работа, тест
4	Сложные сети. Характеристики сложных сетей.	РД1, РД2	1	4	0	15	индивидуальное домашнее задание, тест
5	Математические модели сложных сетей	РД1, РД2	2	2	0	20	контрольная работа, тест
Итого по таблице			**8**	**16**	**0**	**83**	

4.2 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля) для ОФО

Тема 1 Основные понятия теории графов.

Содержание темы: Орграфы. Плоские, Эйлеровы и Гамильтоновы графы. Подграфы. Операции над графами. Путь в орграфе. Расстояния и метрические характеристики. Длина пути. Графическое изображение дерева.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: стандартная.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: работа с рекомендуемой литературой, подготовка к практическому занятию, подготовка к контрольной работе.

Тема 2 Сети и их характеристики. Задачи минимизации сетей.

Содержание темы: Сети. Задачи минимизации сети. Минимальная длина сети. Задача выбора кратчайшего пути в сети. Алгоритм нахождения кратчайшего пути. Задача о максимальном потоке в сети. Алгоритм решения задачи о максимальном потоке.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: стандартная.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: работа с рекомендуемой литературой, подготовка к практическому занятию, подготовка к контрольной работе, выполнение ИДЗ.

Тема 3 Сетевые методы и модели планирования.

Содержание темы: Основы построения сетевой модели. Сети Петри. Сетевые графики. Правила построения сетевых графиков. Расчет параметров сетевого графика. Расчет параметров детерминированных сетевых графиков аналитическим методом. Расчет параметров стохастических сетевых графиков аналитическим методом. Табличный метод расчета параметров сетевых графиков. Календарное планирование сетевыми методами.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: стандартная.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: работа с рекомендуемой литературой, подготовка к практическому занятию, подготовка к контрольной работе.

Тема 4 Сложные сети. Характеристики сложных сетей.

Содержание темы: Характеристики сложных сетей. Параметры узлов сложной сети. Распределение степеней узлов. Кратчайший путь между узлами сложной сети. Коэффициент кластеризации. Посредничество. Эластичность сложной сети.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: стандартная.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: работа с рекомендуемой литературой, подготовка к практическому занятию, подготовка к контрольной работе, выполнение ИДЗ.

Тема 5 Математические модели сложных сетей.

Содержание темы: Модели артефактных сетей: сети Эрдеша-Реньи, масштабно-инвариантные сети, сети малого мира Ваттса – Строгатца, Модель Барабаши – Альберта, Перколяционные сети. Примеры реальных сетей: социальные сети, экологические сети, сеть телефонных звонков, нейронные сети и т.д.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: стандартная.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: работа с рекомендуемой литературой, подготовка к практическому занятию, подготовка к контрольной работе.

5 Методические указания для обучающихся по изучению и реализации дисциплины (модуля)

5.1 Методические рекомендации обучающимся по изучению дисциплины и по обеспечению самостоятельной работы

Рекомендации по изучению дисциплины

Успешное освоение дисциплины предполагает активную работу студентов на всех занятиях аудиторной формы: лекционных и практических занятиях, выполнение аттестационных мероприятий, эффективную самостоятельную работу.

В процессе изучения дисциплины студенту необходимо ориентироваться на самостоятельную проработку лекционного материала, подготовку к практическим занятиям, собеседованию, выполнение ИДЗ.

Методические рекомендации по обеспечению самостоятельной работы

Самостоятельность в учебной работе способствует развитию заинтересованности студента в изучаемом материале, вырабатывает у него умение и потребность самостоятельно получать знания, что весьма важно для специалиста с высшим образованием.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности.

Самостоятельная работа студента включает следующие виды, выполняемые в соответствии с ФГОС ВО и рабочим учебным планом:

- аудиторная самостоятельная работа студента под руководством и контролем преподавателя. При проведении практических занятиях применяется «Метод кооперативного обучения»: студенты работают в малых группах (3 – 4 чел.) над индивидуальными заданиями, в процессе выполнения которых они могут совещаться друг с другом. Преподаватель, в свою очередь, наблюдает за работой малых групп, а также

поочередно разъясняет новый учебный материал малым группам, которые закончили работать над индивидуальными заданиями по предыдущему материалу;

- внеаудиторная самостоятельная работа студента: изучение теоретического материала, подготовка к аудиторным занятиям (лекция, практическое занятие, контрольная работа, собеседование), дополнительные занятия, текущие консультации по дисциплине.

Контроль успеваемости осуществляется в соответствии с рейтинговой системой оценки знаний студентов. Оценка по дисциплине определяется по 100-бальной шкале как сумма баллов, набранных студентом в результате работы в семестре: обязательными баллами оценивается посещение лекционных занятий, работа на практических (семинарских) занятиях, собеседование, выполнение контрольных работ, ИДЗ, предусмотренных учебным планом.

Распределение баллов доводится до студентов в начале семестра.

Учебным планом предусмотрены консультации, которые студент может посещать по желанию.

5.2 Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

При необходимости обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов (по заявлению обучающегося) предоставляется учебная информация в доступных формах с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания, консультации и др.
- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания, консультации и др.
- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; индивидуальные задания, консультации и др.

6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

В соответствии с требованиями ФГОС ВО для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю) созданы фонды оценочных средств. Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 1.

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

7.1 Основная литература

1. Бинарные отношения, графы и коллективные решения. Примеры и задачи : учебник для вузов / Ф. Т. Алескеров, Э. Л. Хабина, Д. А. Шварц, Л. Г. Егорова. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 458 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14489-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/588144 (дата обращения: 19.05.2026).

2. Константинова, Е. В. Теория графов: алгебраическая теория : учебник для вузов / Е. В. Константинова. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 123 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-20172-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/569211 (дата обращения: 19.05.2026).

7.2 Дополнительная литература

1. Дзержинский, Р. И. Теория графов : учебное пособие / Р. И. Дзержинский, Б. А. Крынецкий. — Москва : РТУ МИРЭА, 2022. — 104 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/311000 (дата обращения: 25.05.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Клековкин Г. А., Коннова Л. П., Коннов В. В. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ГРАФОВ 2-е изд., испр. и доп. Учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] : Москва : Издательство Юрайт , 2022 - 240 - Режим доступа: https://urait.ru/book/geometricheskaya-teoriya-grafov-492706

3. Сидоров, С. П. Анализ динамики локальных характеристик в сложных сетях : монография / С. П. Сидоров, С. В. Миронов. — Саратов : СГУ, 2022. — 104 с. — ISBN 978-5-292-04785-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/338474 (дата обращения: 25.05.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Теория графов и математическая логика : учебное пособие / А. А. Городов, Л. И. Лыткина, А. М. Попов [и др.]. — Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2023. — 154 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/400460 (дата обращения: 25.05.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7.3 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы (при необходимости):

1. Образовательная платформа "ЮРАЙТ"
2. Электронно-библиотечная система "ЛАНЬ"
3. Электронно-библиотечная система ЮРАЙТ - Режим доступа: https://urait.ru/
4. Open Academic Journals Index (OAJI). Профессиональная база данных - Режим доступа: http://oaji.net/
5. Президентская библиотека им. Б.Н.Ельцина (база данных различных профессиональных областей) - Режим доступа: https://www.prlib.ru/
6. Информационно-справочная система "Консультант Плюс" - Режим доступа: http://www.consultant.ru/

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения

Основное оборудование:

- Мультимедийный комплект №2 в составе:проектор Casio XJ-M146,экран 180*180,крепление потолочное
- Облачный монитор 23" LG CAV42K
- Облачный монитор LG Electronics черный +клавиатура+мышь
- Сетевой монитор:Нулевой клиент Samsung SyncMaster NC240
- Уст-во бесп.питания UPS-3000

Программное обеспечение:

- Microsoft Windows XP Professional Russian