

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА МАТЕМАТИКИ И МОДЕЛИРОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины (модуля)
СЕТЕВОЙ АНАЛИЗ И ОПТИМАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

Направление и направленность (профиль)
01.03.04 Прикладная математика. Интеллектуальный анализ данных

Год набора на ОПОП
2026

Форма обучения
очная

Владивосток 2026

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Сетевой анализ и оптимальное планирование» 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):

Голодная Н.Ю.

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	0000000000FD1645
Владелец	Галимзянова К.Н.

1 Цель, планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)

Целью изучения дисциплины «Сетевой анализ и оптимальное планирование» является задача не только обучить студентов методам сетевого анализа, но и научить их применять данные методы для решения конкретных производственных задач.

Задача сетевого планирования состоит в том, чтобы графически, наглядно и системно отобразить, и оптимизировать последовательность и взаимозависимость работ, действий или мероприятий, обеспечивающих своевременное и планомерное достижение конечных целей.

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-1 : Способен осуществлять планирование и организацию проектной деятельности любого масштаба в условиях высокой неопределенности, вызываемой запросами на изменения и рисками, и с учетом влияния организационного окружения проектов	ПКВ-1.2к : Осуществляет планирование в проектах любого уровня сложности	РД1	Знание	основных понятий и методов сетевого анализа
			РД2	Умение	применять методы сетевого анализа для решения конкретных производственных задач
			РД3	Навык	осуществления планирования в проектах любого уровня сложности

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		
Формирование чувства гордости за достижения России	Патриотизм Гражданственность	Трудолюбие Лидерство
Формирование духовно-нравственных ценностей		

Воспитание нравственности, милосердия и сострадания	Взаимопомощь и взаимоуважение	Умение работать в команде и взаимопомощь Коммуникабельность
Формирование научного мировоззрения и культуры мышления		
Развитие творческих способностей и умения решать нестандартные задачи	Взаимопомощь и взаимоуважение	Осознание ценности профессии Гибкость мышления Любознательность
Формирование коммуникативных навыков и культуры общения		
Воспитание культуры диалога и уважения к мнению других людей	Коллективизм Взаимопомощь и взаимоуважение	Доброжелательность и открытость Коммуникабельность

2 Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Сетевой анализ и оптимальное планирование» относится к элективным дисциплинам (модулям) Группа Б учебного плана направления 01.03.04 Прикладная математика - Интеллектуальный анализ данных .

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.ДВ.Б	4	4	73	36	36	0	1	0	71	Э

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	Некоторые сведения о графах и сетевых графиках. Параметры сети	РД1, РД2, РД3	4	4	0	8	контрольная работа №1, теоретический опрос
2	Критический путь	РД1, РД2, РД3	6	6	0	12	индивидуальное домашнее задание №1, теоретический опрос
3	Матричный метод решения задачи	РД1, РД2, РД3	2	2	0	3	контрольная работа №2, теоретический опрос
4	Пронумерованные и пронумерованные сети	РД1, РД2, РД3	2	2	0	4	контрольная работа №2, теоретический опрос
5	Подграфы. Циклы	РД1, РД2, РД3	4	4	0	8	контрольная работа №2, опрос
6	Задачи при постоянных и переменных интенсивностях	РД1, РД2, РД3	8	8	0	16	индивидуальное домашнее задание №2, теоретический опрос
7	Минимальная задержка выполнения проекта	РД1, РД2, РД3	2	2	0	4	контрольная работа №3
8	Различные постановки задачи оптимального распределения ресурсов при заданном времени	РД1, РД2, РД3	8	8	0	16	контрольная работа №4, теоретический опрос
Итого по таблице			36	36	0	71	

4.2 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля) для ОФО

Тема 1 Некоторые сведения о графах и сетевых графиках. Параметры сети.

Содержание темы: Определения графа, симметрического и антисимметрического графа, выходящих из вершины и входящих в вершину дуг, сети, длины дуги. Сетевой график: определения событий, начала и конца проекта пессимистического, оптимистического и наиболее вероятного времени выполнения работы. Правила составления сетевого графика; понятия фиктивной и простой работы. Нумерация событий; метод вычеркивания дуг. Основной алгоритм задачи нумерации, иллюстрация основного алгоритма на примере. Критическое время и критический путь: понятия длины работы, длины пути, минимального времени наступления события, критического времени проекта, критического пути. Алгоритм вычисления минимальных времен и критического времени, иллюстрация алгоритма на примере.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: стандартная, «Метод кооперативного обучения».

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: подготовка к теоретическому опросу, подготовка к практическим занятиям, подготовка к контрольной работе, подготовка к Итоговому тесту по дисциплине.

Тема 2 Критический путь.

Содержание темы: Формулировка и доказательство необходимого и достаточного условия того, чтобы данный путь был критическим; описание способа нахождения критического пути, основанного на данном критерии; понятие свободного резерва времени; иллюстрация описанного способа нахождения критического пути на примере. Максимальные времена наступления событий: понятие максимального времени наступления события, формула для нахождения максимального времени наступления события, описание алгоритма для нахождения максимального времени наступления события, иллюстрация алгоритма на примере. Условия принадлежности событий и работы критическому пути: формулировка и доказательство необходимого и достаточного условия принадлежности события критическому пути; формулировка и доказательство необходимого и достаточного условия принадлежности работы критическому пути; понятия критической и некритической работы. Резервы времени: понятия и смысл полного резерва времени и независимого резерва времени; условия совпадения полного резерва

времени со свободным; иллюстрация данных понятий на примере. Подкритические работы, коэффициенты напряженности: понятие подкритической работы; способ отыскания подкритической работы; отыскание среди докритических путей, проходящих через данную работу, только максимальные по длине; иллюстрация описанных приемов на примере конкретного – сетевого графика; введение нового параметра, характеризующего напряженность выполнения каждой работы, так называемого коэффициента напряженности работы; формула для отыскания коэффициента напряженности работы; нахождение коэффициента напряженности конкретной работы для конкретного сетевого графика.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: стандартная, «Метод кооперативного обучения».

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: подготовка к практическим занятиям, подготовка к теоретическому опросу, выполнение ИДЗ, подготовка к Итоговому тесту по дисциплине.

Тема 3 Матричный метод решения задачи.

Содержание темы: Матричный метод реализации алгоритма вычислений минимального и максимального времени наступления события: описание матричного метода вычисления минимального и максимального времени наступления события; нахождение критического времени выполнения проекта и критического пути матричным методом; применение данного алгоритма к случаю пронумерованной сети, а также к случаю табличного задания условий задачи; иллюстрация работы данного алгоритма на примере пронумерованного сетевого графика.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: стандартная, «Метод кооперативного обучения».

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: подготовка к теоретическому опросу, подготовка к практическому занятию, подготовка к контрольной работе, подготовка к Итоговому тесту по дисциплине.

Тема 4 Пронумерованные и пронумерованные сети.

Содержание темы: Вычисление минимального и максимального времени наступления события на графе в случае небольшого количества событий: вычисление минимального и максимального времени наступления события на графе для пронумерованной сети, а также для пронумерованной с помощью вычисления рангов вершин, метода вычеркивания дуг и применения алгоритма вычисления минимального и максимального времени наступления события на графе для пронумерованной сети; иллюстрация данного алгоритма на примере пронумерованного сетевого графика. Вычисление минимального и максимального времени наступления события по таблице в случае представления проекта списком работ: построение по списку работ расширенной таблицы; алгоритм пошагового заполнения дополнительных столбцов расширенной таблицы; получение ответа на последнем шаге заполнения дополнительных столбцов расширенной таблицы; иллюстрация описанного алгоритма на примере табличного задания комплекса работ.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: стандартная, «Метод кооперативного обучения».

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: подготовка к теоретическому опросу, подготовка к практическому занятию, подготовка к контрольной работе, подготовка к Итоговому тесту по дисциплине.

Тема 5 Подграфики. Циклы.

Содержание темы: Понятия подграфика, входа и выхода подграфика, внутренних и внешних вершин подграфика, укрупненного сетевого графика данного сетевого графика по

подграфику; пример укрупненного сетевого графика некоторого сетевого графика по некоторому подграфику; утверждение о граничных вершинах, соединенных в подграфике некоторым путем; алгоритм определения новых дуг укрупненного сетевого графика; обоснование данного алгоритма; иллюстрация приведенного алгоритма на конкретном сетевом графике; утверждение о равенстве минимальных и максимальных времен наступления события, принадлежащего одновременно исходному графику и его укрупненному по некоторому подграфику графику. Выявление циклов: описание алгоритма, который при наличии циклов в сетевом графике, выявляет все события, входящие в цикл, а при отсутствии их вычисляет для каждого события минимальное время наступления этого события; иллюстрация данного алгоритма на конкретном сетевом графике; применение данного алгоритма к вычислению максимального времени наступления каждого события и критического пути; модификации данного алгоритма. .

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: стандартная, «Метод кооперативного обучения».

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: подготовка к теоретическому опросу, подготовка к практическим занятиям, подготовка к контрольной работе, подготовка к Итоговому тесту по дисциплине.

Тема 6 Задачи при постоянных и переменных интенсивностях.

Содержание темы: Задачи, заключающиеся в оптимальном распределении ресурсов по работам, т.е. в таком размещении работ, которое при заданных ограниченных ресурсах обеспечило бы выполнение проекта в минимальное время; понятие объема работ. Алгоритм приближенного решения рассматриваемой задачи для случая, когда работы проекта не допускают перерыва в их выполнении и когда работы допускают перерыв в своем выполнении; применение данного алгоритма к случаю, когда учитываются несколько видов ресурсов. Пример, иллюстрирующий применение алгоритма на примере сетевого графика с заданными интенсивностями выполнения соответствующих работ как для случая, когда работы проекта не допускают перерыва в их выполнении, так и для случая, когда работы допускают перерыв в своем выполнении. Алгоритм уплотнения ресурсов для случая, когда работы проекта не допускают перерыва в их выполнении и когда работы допускают перерыв в своем выполнении; иллюстрация данного алгоритма на примере проекта, изображенного на линейной диаграмме с заданными интенсивностями выполнения работ как для случая, когда работы проекта не допускают перерыва в их выполнении, так и для случая, когда работы допускают перерыв в своем выполнении. Решение задачи, если для каждой работы известен ее объем в ресурсо-единицах, кроме того, известно, что интенсивность выполнения этой работы ограничена сверху и задана функция наличия данного ресурса в каждый момент времени; требуется так распределить по работам имеющийся ресурс, чтобы проект был выполнен в минимальное время; понятия фронта работ, максимального фронта работ, резерва времени работы данного фронта в данный момент. Алгоритм решения данной задачи; иллюстрация данного алгоритма, примененного к задаче распределения ресурса на каждой работе, с учетом сетевого графика и ограниченности ее интенсивности, чтобы проект можно было выполнить в минимальное время, для некоторого сетевого графика с известными максимальными интенсивностями выполнения работ, объемами работ и величиной ежедневного наличия ресурса.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: стандартная, «Метод кооперативного обучения».

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: подготовка к практическим занятиям, подготовка к теоретическому опросу, выполнение ИДЗ, подготовка к Итоговому тесту по дисциплине.

Тема 7 Минимальная задержка выполнения проекта.

Содержание темы: Понятия функции поставок, интегральных графиков потребности, ресурсно-допустимого времени окончания проекта; алгоритм отыскания минимального ресурсно-допустимого времени окончания проекта при заданных поставках ресурсов, т.е. отыскания минимальной задержки окончания выполнения проекта по сравнению с критическим временем; иллюстрация применения алгоритма для сетевого графика в предположении, что проект выполняется одним ресурсом, поставки заданы.

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

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: подготовка к практическому занятию, подготовка к контрольной работе, подготовка к Итоговому тесту по дисциплине.

Тема 8 Различные постановки задачи оптимального распределения ресурсов при заданном времени.

Содержание темы: Понятия среднего квадратичного отклонения потребляемого в момент t ресурса $R(t)$ от его среднего ежедневного потребления, наибольшее по абсолютной величине отклонения потребляемого в момент t ресурса $R(t)$ от его среднего ежедневного потребления, наибольшее ежедневное потребление; различные определения оптимального плана в соответствии с введенными понятиями и соответствующие различные постановки задачи оптимального распределения ресурсов при заданном времени. Алгоритм решения задачи нахождения оптимального плана, в котором под оптимальным планом понимается план, выполненный за данное время и минимизирующий среднего квадратичного отклонения потребляемого в момент t ресурса $R(t)$ от его среднего ежедневного потребления; иллюстрация работы данного алгоритма при приближенном решении задачи оптимального потребления ресурсов при наличии нескольких их видов для сетевого графика при заданных интенсивностях и продолжительностях работ. Алгоритм решения задачи нахождения оптимального плана, в котором под оптимальным планом понимается план, выполненный за данное время и минимизирующий максимальное потребление ресурса; применение данного алгоритма для случая наличия нескольких видов ресурсов, а также для случая нескольких проектов; иллюстрация работы данного алгоритма на примере проекта, заданного сетевым графиком с двумя ресурсами.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: стандартная, «Метод кооперативного обучения».

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: подготовка к теоретическому опросу, подготовка к практическим занятиям, подготовка к контрольной работе, подготовка к Итоговому тесту по дисциплине.

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

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

Для обеспечения систематической и регулярной работы по изучению дисциплины и успешного прохождения текущих и промежуточных контрольных испытаний студенту рекомендуется придерживаться следующего порядка обучения:

- самостоятельно определить объем времени, необходимого для проработки каждой темы;
- регулярно изучать каждую тему дисциплины, используя различные формы индивидуальной работы;
- согласовывать с преподавателем виды работы по изучению дисциплины.

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

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 на лекции. При проведении практических занятий применяется «Метод кооперативного обучения»: студенты работают в малых группах (3 – 4 чел.) над индивидуальными заданиями, в процессе выполнения которых они могут совещаться друг к другу. 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, коллоквиум, контрольная работа, тестирование, теоретический опрос), 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, теоретический опрос, тест, 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. Бурыкин, А. А. Управление проектами. Сетевое планирование и управление : учебное пособие : [16+] / А. А. Бурыкин. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2026. – 212 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=727275> (дата обращения: 20.05.2026). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9729-2688-6. – Текст : электронный.
2. Воронов, М. В. Прикладная математика: технологии применения : учебник для вузов / М. В. Воронов, В. И. Пименов, Е. Г. Суздалов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 376 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04534-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/585210> (дата обращения: 19.05.2026).
3. Кундышева, Е. С. Математические методы и модели в экономике : учебник / Е. С. Кундышева, Б. А. Сулаков. - 4-е изд., перераб. - Москва : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2023. - 286 с. - ISBN 978-5-394-03138-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2083020> (Дата обращения - 05.09.2025)

7.2 Дополнительная литература

1. Бухалков, М. И. Планирование на предприятии : учебник / М. И. Бухалков. — 4-е изд., испр. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 411 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-003931-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2126624> (дата обращения: 31.05.2026)
2. Михайлов, А. Ю. Организация строительства. Календарное и сетевое планирование : учебное пособие / А. Ю. Михайлов. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. - 300 с. - ISBN 978-5-9729-2441-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2226433> (дата обращения: 31.05.2026)

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

1. Научная электронная библиотека «eLIBRARY. RU» [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
2. Образовательная платформа "ЮРАЙТ"
3. Электронно-библиотечная система "ZNANIUM.COM"
4. Электронно-библиотечная система "УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН"
5. Open Academic Journals Index (ОАИ). Профессиональная база данных - Режим доступа: <http://oaji.net/>

6. Президентская библиотека им. Б.Н.Ельцина (база данных различных профессиональных областей) - Режим доступа: <https://www.prilib.ru/>

7. 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:

- Мультимедийная трибуна E-Station S
- Мультимедийный проектор №3 Casio XJ-M146
- Проектор № 1Epson EB-480

Программное обеспечение:

- □ Microsoft Windows XP Professional Russian

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА МАТЕМАТИКИ И МОДЕЛИРОВАНИЯ

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

СЕТЕВОЙ АНАЛИЗ И ОПТИМАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

Направление и направленность (профиль)
01.03.04 Прикладная математика. Интеллектуальный анализ данных

Год набора на ОПОП
2026

Форма обучения
очная

Владивосток 2026

1 Перечень формируемых компетенций

Название ОПОП ВО, сокращенное	Код и формулировка компетенции и	Код и формулировка индикатора достижения компетенции
01.03.04 «Прикладная математика» (Б-ПМ)	ПКВ-1 : Способен осуществлять планирование и организацию проектной деятельности любого масштаба в условиях высокой неопределенности, вызываемой запросами на изменения и рисками, и с учетом влияния организационного окружения проектов	ПКВ-1.2к : Осуществляет планирование в проектах любого уровня сложности

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-1 «Способен осуществлять планирование и организацию проектной деятельности любого масштаба в условиях высокой неопределенности, вызываемой запросами на изменения и рисками, и с учетом влияния организационного окружения проектов»

Таблица 2.1 – Критерии оценки индикаторов достижения компетенции

Код и формулировка индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине			Критерии оценивания результатов обучения
	Код	Тип	Результат	
ПКВ-1.2к : Осуществляет планирование в проектах любого уровня сложности	РД 1	Знание	основных понятий и методов сетевого анализа	правильность ответа по содержанию задания, полнота и глубина ответа
	РД 2	Умение	применять методы сетевого анализа для решения конкретных производственных задач	умение решать стандартные задачи курса, основные типы которых разбираются на практических занятиях
	РД 3	Навык	осуществления планирования в проектах любого уровня сложности	владеет навыками выбора методов и правильного подхода к решению задачи

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 понятий и методов сетевого анализа	1.1. Некоторые сведения о графах и сетевых графиках. Параметры сети	Опрос	Тест
		1.2. Критический путь	Опрос	Тест
		1.3. Матричный метод решения задачи	Опрос	Тест
		1.4. Пронумерованные и пронумерованные сети	Опрос	Тест
		1.5. Подграфы. Циклы	Опрос	Тест
		1.6. Задачи при постоянных и переменных интенсивностях	Опрос	Тест
		1.7. Минимальная задержка выполнения проекта	Опрос	Тест
		1.8. Различные постановки задачи оптимального распределения ресурсов при заданном времени	Опрос	Тест
РД2	Умение : применять методы сетевого анализа для решения конкретных производственных задач	1.1. Некоторые сведения о графах и сетевых графиках. Параметры сети	Индивидуальное домашнее задание	Тест
			Контрольная работа	Тест
		1.2. Критический путь	Индивидуальное домашнее задание	Тест
			Контрольная работа	Тест
		1.3. Матричный метод решения задачи	Индивидуальное домашнее задание	Тест
			Контрольная работа	Тест
		1.4. Пронумерованные и пронумерованные сети	Индивидуальное домашнее задание	Тест
			Контрольная работа	Тест
		1.5. Подграфы. Циклы	Индивидуальное домашнее задание	Тест
			Контрольная работа	Тест
		1.6. Задачи при постоянных и переменных интенсивностях	Индивидуальное домашнее задание	Тест
			Контрольная работа	Тест

		1.7. Минимальная задержка выполнения проекта	Индивидуальное домашнее задание	Тест
			Контрольная работа	Тест
		1.8. Различные постановки задачи оптимального распределения ресурсов при заданном времени	Индивидуальное домашнее задание	Тест
			Контрольная работа	Тест
		РДЗ	Навык : осуществления планирования в проектах любого уровня сложности	
		1.1. Некоторые сведения о графах и сетевых графиках. Параметры сети	Индивидуальное домашнее задание	Тест
			Контрольная работа	Тест
		1.2. Критический путь	Индивидуальное домашнее задание	Тест
			Контрольная работа	Тест
		1.3. Матричный метод решения задачи	Индивидуальное домашнее задание	Тест
			Контрольная работа	Тест
		1.4. Пронумерованные и пронумерованные сети	Индивидуальное домашнее задание	Тест
			Контрольная работа	Тест
		1.5. Подграфики. Циклы	Индивидуальное домашнее задание	Тест
			Контрольная работа	Тест
		1.6. Задачи при постоянных и переменных интенсивностях	Индивидуальное домашнее задание	Тест
			Контрольная работа	Тест
		1.7. Минимальная задержка выполнения проекта	Индивидуальное домашнее задание	Тест
			Контрольная работа	Тест
		1.8. Различные постановки задачи оптимального распределения ресурсов при заданном времени	Индивидуальное домашнее задание	Тест
			Контрольная работа	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	Оценочное средство
-------------	--------------------

деятельность и	Теоретический опрос	Контрольные работы №1-4	ИДЗ №1-2	Работа у доски	Посещение занятий	Итоговый тест	Итого
Лекции	20				5		25
Практические занятия		24		10	5		39
Самостоятельная работа			16				16
Промежуточная аттестация						20	20
Итого	20	24	16	10	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, обладает 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 Примерный перечень вопросов по темам

1. Что такое граф, симметрический и антисимметрический граф, выходящие из вершины и входящих в вершину дуги, сети, длина дуги.
2. Дать определения событий, начала и конца проекта.
3. Дать определения пессимистического, оптимистического и наиболее вероятного времени выполнения работы.
4. Каковы правила составления сетевого графика проекта?
5. Что такое фиктивная и простая работы?
6. В чем заключается метод вычеркивания дуг?
7. Описать алгоритм Форда нумерации событий.
8. Какие параметры сетевого графика Вы знаете?
9. Дать определения длины работы, длины пути, минимального времени наступления события.
10. Что такое критическое время и критический путь?
11. Сформулировать критерий критического пути.

12. Описать алгоритм нахождения минимальных времен и критического пути.
13. Дать формулировку необходимого и достаточного условия того, чтобы данный путь был критическим.
14. Описать способ нахождения критического пути, основанного на критерии критического пути.
15. Что такое полный, свободный и независимый резервы времени?
16. Какие максимальные времена наступления событий Вы знаете? Дайте их определения.
17. Описать алгоритм для нахождения максимального времени наступления события, иллюстрация алгоритма на примере.
18. Сформулировать необходимое и достаточное условие принадлежности события критическому пути.
19. Дать определения критической и некритической работы.
20. Что такое полный резерв времени и в чем его смысл?
21. Сформулировать условия совпадения полного резерва времени со свободным.
22. Дать определение подкритических работ.
23. Как находятся подкритические работы?
24. Как отыскать среди докритических путей, проходящих через данную работу, только максимальные по длине?
25. Что характеризует коэффициент напряженности работы?
26. Как находить коэффициент напряженности конкретной работы для конкретного сетевого графика
27. В чем заключается матричный метод вычисления минимального и максимального времени появления события?
28. Как можно непосредственно на графе при небольшом количестве событий вычислить минимальное и максимальное время появления каждого события?
29. В каком случае вычисления минимального и максимального времени появления событий удобно вычислять с помощью таблицы? Как это делается?
30. Как можно найти критическое время выполнения проекта и критического пути матричным методом?
31. Как применить алгоритм нахождения критического времени выполнения проекта и критического пути матричным к случаю пронумерованной сети? К случаю табличного задания условий задачи?
32. В чем заключается алгоритм вычисления минимального и максимального времени наступления события на графе для пронумерованной сети, а также для пронумерованной в случае небольшого количества событий?
33. Как производится вычисление минимального и максимального времени наступления события по таблице в случае представления проекта списком работ?
34. Как по списку работ строится расширенная таблица?
35. Описать алгоритм пошагового заполнения дополнительных столбцов расширенной таблицы.
36. Дать определения подграфика, входа и выхода подграфика, внутренних и внешних вершин подграфика.
37. Что такое укрупнение сетевого графика по некоторому подграфу?
38. Сформулировать утверждение о граничных вершинах, соединенных в подграфике некоторым путем.
39. Описать алгоритм определения новых дуг укрупненного сетевого графика.
40. Сформулировать утверждение о равенстве минимальных и максимальных времен наступления события, принадлежащего одновременно исходному графику.
41. Описать алгоритм, который при наличии циклов выявляет все события, входящие в цикл, а при отсутствии их вычисляет для каждого события минимальное время наступления этого события.

42. Как применяется алгоритм выявления циклов к вычислению максимального времени наступления каждого события и критического пути.
43. Какие модификации данного алгоритма вы знаете?
44. Сформулировать постановку задачи при постоянных интенсивностях.
45. Описать алгоритм, позволяющий находить приближенное решение задачи оптимального распределения ресурсов по работам при постоянных интенсивностях, когда работы проекта не допускают перерыва в их выполнении и когда работы допускают перерыв в своем выполнении.
46. Как применяется алгоритм нахождения приближенного решения задачи оптимального распределения ресурсов по работам при постоянных интенсивностях к случаю, когда учитываются несколько видов ресурсов.
47. Описать алгоритм уплотнения ресурсов для случая, когда работы проекта не допускают перерыва в их выполнении и когда работы допускают перерыв в своем выполнении.
48. Сформулировать постановку задачи при переменных интенсивностях.
49. Что такое фронт работ? Максимальный фронт работ?
50. Описать алгоритм, позволяющий находить приближенное решение задачи оптимального распределения ресурсов по работам при переменных интенсивностях.
51. Что такое минимальная задержка выполнения проекта?
52. В чем заключается понятие функции поставок?
53. Что такое ресурсно-допустимое время окончания проекта?
54. Описать алгоритм решения задачи отыскания минимального ресурсно-допустимого времени окончания проекта при заданных поставках ресурсов.
55. Дать несколько определений оптимального плана в соответствии с введенными понятиями и сформулировать соответствующие различные постановки задачи оптимального распределения ресурсов при заданном времени.
56. Описать алгоритм решения задачи нахождения оптимального плана, где под оптимальным планом понимается план, выполненный за данное время и минимизирующий среднего квадратичного отклонения потребляемого в момент t ресурса $R(t)$ от его среднего ежедневного потребления, т.е. алгоритм минимизации среднеквадратичного отклонения.
57. Как применяется алгоритм решения задачи нахождения оптимального плана, где под оптимальным планом понимается план, выполненный за данное время и минимизирующий среднего квадратичного отклонения потребляемого в момент t ресурса $R(t)$ от его среднего ежедневного потребления для случая наличия нескольких видов ресурсов?
58. Как применяется алгоритм решения задачи нахождения оптимального плана, где под оптимальным планом понимается план, выполненный за данное время и минимизирующий среднего квадратичного отклонения потребляемого в момент t ресурса $R(t)$ от его среднего ежедневного потребления для случая нескольких проектов?
59. Описать алгоритм решения задачи нахождения оптимального плана, где под оптимальным планом понимается план, выполненный за данное время и минимизирующий максимальное потребление ресурса, т.е. алгоритм минимизации максимального потребления ресурса.
60. Как применяется алгоритм решения задачи нахождения оптимального плана, где под оптимальным планом понимается план, выполненный за данное время и минимизирующий максимальное потребление ресурса для случая нескольких проектов

Краткие методические указания

Для лучшей подготовки к опросу, освоения материала и систематизации знаний по дисциплине необходимо разобрать материалы лекций по теме. Во время проработки лекционного материала особое внимание следует уделять возникшим вопросам, непонятным определениям, формулировкам, доказательствам.

Шкала оценки

Оценка	Баллы	Описание
5	20	ставится, если студент полностью освоил материал
4	16–19	ставится, если студент допускает 1-2 ошибки
3	13–15	ставится, если студент излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил, излагает материал непоследовательно и допускает ошибки
2	0–12	ставится, если студент обнаруживает незнание ответа на соответствующие вопросы, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал

5.2 Примеры заданий для выполнения контрольных работ

Контрольная работа №1

Построить сетевой график.

Работы	Каким работам предшествует
1	3,6
2	3,4
3	5
4	7,8,9
5	7,8
6	9,10
7	10
8	-
9	-
10	-

Контрольная работа №2

Построить сетевой график. Вычислить минимальные и максимальные времена наступления событий, критическое время выполнения проекта, найти критический путь.

Работы	Продолжительность работ
I,A	2
I,B	1
I,E	3
A,H	1
B,M	6
B,E	1
E,K	4
H,M	3
M,K	1
K,C	2

Контрольная работа №3

Построить сетевой график. Найти свободный, полный и независимый резервы времени.

Работы	Продолжительность работ
I,A	2
I,B	1
I,E	3
A,H	1
B,M	6
B,E	1
E,K	4
H,M	3
M,K	1
K,C	2

Контрольная работа №4

Построить сетевой график. Решить задачу оптимального распределения ресурсов по работам при постоянных интенсивностях. Наличие ресурса $R=12$. Работы не допускают перерыва в их выполнении.

Работы	Продолжительность работ	Интенсивности выполнения
--------	-------------------------	--------------------------

		работ
I,A	2	3
I,B	1	4
I,E	3	5
A,H	1	3
B,M	6	5
B,E	1	6
E,K	4	7
H,M	3	5
M,K	1	4
K,C	2	5

Краткие методические указания

При подготовке к контрольной работе особое внимание необходимо обратить на практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов по соответствующей теме. В процессе этой работы студент должен стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого теоретического материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в методах решения задач.

Шкала оценки

Для всех контрольных работ

Оценка	Баллы	Описание
5	24	Задания выполнены полностью и правильно
4	17-23	Задания выполнены полностью, с несущественными ошибками, но подход к решению, идея решения, метод правильны
3	13–16	Задания выполнены полностью, с существенными ошибками, но подход к решению, идея решения, метод правильны
2	0–12	Задания не выполнены или выполнены неправильно

5.3 Варианты индивидуальных домашних заданий

Индивидуальное домашнее задание №1

Построить сетевой график. Найти подкритические работы и коэффициенты

напряженности ().

Работы	Продолжительность работ
I,A	2
I,B	1
I,E	3
A,H	1
B,M	6
B,E	1
E,K	4
H,M	3
M,K	1
K,C	2

Индивидуальное домашнее задание №2

Построить сетевой график. Решить задачу оптимального распределения ресурсов по работам при переменных интенсивностях. Наличие ресурса $R=12$.

Работы	Максимальные интенсивности выполнения работ	Продолжительность работ при заданных максимальных интенсивностях
I,A	3	2
I,B	4	1
I,E	5	3
A,H	3	1
B,M	5	6
B,E	6	1
E,K	7	4
H,M	5	3

М,К	4	1
К,С	5	2

Краткие методические указания

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

Шкала оценки

Для всех индивидуальных домашних работ

Оценка	Баллы	Описание
5	16	Задания выполнены полностью и правильно, работа оформлена согласно требованиям, решение может содержать некоторые неточности и несущественные ошибки
4	11-15	Задания выполнены полностью, с несущественными ошибками, но подход к решению, идея решения, метод правильны, работа оформлена согласно требованиям
3	8-10	Задания выполнены полностью, с существенными ошибками, но подход к решению, идея решения, метод правильны, работа оформлена не по требованиям
2	0-7	Задания не выполнены или выполнены неправильно

5.4 Примеры тестовых заданий

Итоговый тест

1. В системе сетевого анализа и планирования используются:
 - 1) экономико-математические модели
 - 2) динамические модели
 - 3) экономико-графические модели
2. На сетевых графиках сплошными стрелками обозначаются
 - 1) действительные работы
 - 2) фиктивные работы
 - 3) ожидания
3. При расчете вероятностной оценки продолжительности работ используются:
 - 1) две оценки ее продолжительности
 - 2) наиболее вероятностные оценки
 - 3) три оценки ее продолжительности
4. На сетевом графике может быть критических путей
 - 1) несколько
 - 2) один
 - 3) ни одного
5. Значение полного резерва времени работы по отношению к частному резерву времени работы может быть
 - 1) больше
 - 2) меньше
 - 3) равно
6. При оптимизации сетевых графиков по времени, снижение продолжительности критического пути достигается путем сокращения:
 - 1) любых работ сетевого графика
 - 2) только критических работ
 - 3) критических и близким к ним по продолжительности работ
7. Значение раннего срока свершения события сетевого графика показывает:
 - 1) от исходного события до данного события по любому направлению стрелок
 - 2) от данного события до завершающего события
 - 3) максимальной продолжительности от исходного до данного события
8. Не требуют затрат ресурсов
 - 1) ожидания
 - 2) фиктивные работы
 - 3) действительные работы

9. Если из события сетевого графика не выходит ни одна стрелка, то это событие:

- 1) тупиковвое
- 2) завершающее
- 3) конечное

10. Корректировка сетевого графика производится путем перехода:

- 1) всех работ на ранние сроки выполнения
- 2) всех работ на поздние сроки выполнения
- 3) некритических работ на поздние сроки выполнения

Краткие методические указания

Тест содержит задания с выбором одного или нескольких ответов.

При подготовке к промежуточной аттестации особое внимание следует уделить теоретическому материалу, примерам решения задач, методам решения задач. При необходимости следует обратиться к преподавателю.

Шкала оценки

Оценка	Баллы	Описание
5	20	Задание выполнено полностью и абсолютно правильно.
4	14–19	Задание выполнено полностью и правильно, но решение содержит некоторые неточности и несущественные ошибки.
3	11-13	Задание выполнено не полностью, с существенными ошибками, но подход к решению, идея решения, метод правильны.
2	0-10	Задание выполнено частично, имеет ошибки, осуществлена попытка решения на основе правильных методов и идей решения.

Ответы к теоретическим опросам

1. Граф — множество вершин и дуг. Симметрический граф: если (i,j) есть, то есть и (j,i) . Антисимметрический: для $i \neq j$ одновременно (i,j) и (j,i) не допускаются.

Выходящие дуги — исходят из вершины, входящие — входят в вершину.

Сеть — ориентированный граф без циклов, используемый для описания проекта.

Длина дуги — продолжительность работы.

2. Событие — момент завершения всех предшествующих работ и возможности начала следующих. Начало проекта — событие без входящих дуг. Конец проекта — событие без исходящих дуг.

3. Оптимистическое время — минимально возможное; пессимистическое — максимально возможное; наиболее вероятное — наиболее реалистичная оценка.

4. Правила: один старт и один финиш; отсутствие циклов и тупиков; работа начинается только после завершения всех предшествующих; направление стрелок — от ранних событий к поздним; при необходимости вводят фиктивные работы.

5. Фиктивная работа — работа нулевой длительности, показывающая только логическую зависимость. Простая (действительная) работа — реальная работа с длительностью и, как правило, затратами ресурсов.

6. Метод вычеркивания дуг — последовательное удаление дуг из вершин с нулевой входящей степенью; используется для нумерации событий и выявления циклов.

7. Алгоритм Форда нумерации: находят вершины без входящих дуг, присваивают им очередные номера, удаляют их исходящие дуги, повторяют процедуру до конца.

8. Основные параметры сети: ранние и поздние сроки событий, ранние/поздние сроки работ, критический путь, критическое время проекта, резервы времени работ и событий, коэффициенты напряженности.

9. Длина работы — ее продолжительность. Длина пути — сумма длин работ на пути. Минимальное время наступления события — длина максимального пути от начального события до данного события.

10. Критическое время — минимально возможная длительность проекта, равная длине критического пути. Критический путь — путь максимальной длины от начала до конца проекта.

11. Критический путь — это путь, длина которого равна $T_{кр}$. Эквивалентно: все его работы имеют нулевой полный резерв.

12. Сначала выполняют прямой проход и находят T_i^p , затем обратный проход и находят T_i^n , после чего определяют работы с нулевым резервом — они и образуют критический путь.

13. Необходимое и достаточное условие критичности пути: его длина равна критическому времени проекта.

14. Нужно найти путь от старта к финишу, для которого длина равна $T_{кр}$, либо пройти по работам с нулевым полным резервом.

15. Полный резерв — максимально допустимая задержка работы без срыва срока проекта. Свободный резерв — задержка без изменения ранних сроков последующих работ. Независимый резерв — резерв при условии, что предшествующие начаты поздно, а последующие — рано.

16. Для каждого события определяется поздний срок наступления T_i^n : самый поздний момент, когда событие может произойти без увеличения срока проекта.

17. Алгоритм: задать для конечного события

$T_f^n = T_{кр}$, затем идти по сети в обратном направлении и для каждого события брать минимум из $T_j^n - t_{ij}$.

18. Работа принадлежит критическому пути тогда и только тогда, когда ее полный резерв равен нулю

19. Критическая работа — работа с нулевым полным резервом. Некритическая — работа с положительным резервом.
20. Смысл: на сколько можно задержать работу, не увеличивая срок завершения проекта.
21. Полный резерв совпадает со свободным, если конечное событие работы критично, то есть $T_i^p = T_i^n$
22. Подкритические работы — некритические работы, лежащие на наиболее длинных некритических путях, близких к критическому.
23. Подкритические работы находят через наиболее длинные некритические пути
24. Рассматривают все пути, проходящие через данную работу, вычисляют их длины и выбирают максимальный по длине некритический путь.
25. Коэффициент напряженности показывает, насколько работа «близка» к критической и насколько жестко ограничены ее резервы.
26. Нужно: 1) найти максимальный путь через работу; 2) выделить его общую часть с критическим путем; 3) подставить в формулу коэффициента напряженности.
27. Матричный метод: по матрице смежности/длительностей рассчитывают ранние и поздние сроки событий с помощью рекуррентных max/min-операций.
28. При небольшом числе событий удобно считать прямо по графу: прямой проход дает ранние сроки, обратный — поздние сроки.
29. Табличный способ удобен, когда проект задан списком работ. Строится расширенная таблица: работа, длительность, предшественники, ранние/поздние сроки, резервы.
30. Критическое время — это поздний/ранний срок конечного события. Критический путь находят по работам с нулевым резервом или по обратному восстановлению пути из матричных расчетов.
31. Для непронумерованной сети сначала выполняют топологическую нумерацию, затем применяют обычный алгоритм. Для табличного задания — сначала переводят данные в структуру сети/матрицы.
32. Для непронумерованной сети: вычисляют ранги/топологический порядок, затем считают ранние сроки слева направо, поздние — справа налево.
33. По таблице: строят список работ, определяют предшествование, находят ранние и поздние сроки событий, затем вычисляют резервы по формулам.
34. Расширенная таблица строится добавлением столбцов: начальное событие, конечное событие, длительность, ранний старт/финиш, поздний старт/финиш, резервы.
35. Пошаговое заполнение: 1) нумерация событий; 2) ранние сроки; 3) поздние сроки; 4) резервы; 5) критические работы и путь.
36. Подграфик — часть графа. Вход подграфика — дуга из внешней вершины во внутреннюю. Выход — дуга из внутренней вершины во внешнюю. Внутренние вершины — принадлежат подграфику. Внешние — не принадлежат.
37. Укрупнение сети по подграфику — замена группы работ одним агрегированным фрагментом/дугой с сохранением внешних связей и основных временных характеристик.
38. Если граничные вершины подграфика соединены в нем путем, то в укрупненном графике между ними должна быть дуга/связь, отражающая эту достижимость.
39. Алгоритм: выделяют граничные вершины, находят пути между входами и выходами подграфика, заменяют внутренние связи агрегированными дугами, внешние связи сохраняют.
40. Для вершин, общих для исходного и укрупненного графика, ранние и поздние сроки наступления совпадают.
41. Алгоритм выявления циклов: последовательно удаляют вершины с нулевой входящей степенью. Если удалены все — циклов нет; если остались вершины — они входят в циклы.

42. После получения топологического порядка можно вычислить поздние сроки обратным проходом и определить критический путь обычным способом.

43. Модификации: матрический вариант, работа с рангами, одновременное вычисление ранних сроков и проверка на циклы, применение к обратному графу.

44. Задача при постоянных интенсивностях: при фиксированных длительностях и потреблении ресурса нужно назначить сроки работ так, чтобы при ограниченном ресурсе проект завершился как можно раньше.

45. Приближенный алгоритм: строят ранний план, выявляют перегрузки по ресурсу, затем сдвигают не критические работы в пределах резервов; если прерывания допустимы — работу можно делить на части.

46. Для нескольких ресурсов проверяют ограничения по каждому виду ресурса; сдвиг/деление работ выполняют так, чтобы одновременно соблюдались все ресурсные лимиты.

47. Уплотнение ресурсов — перенос не критических работ с перегруженных интервалов на менее загруженные в пределах резервов; при допускаемых прерываниях — с разбиением работ.

48. Задача при переменных интенсивностях: известны объемы работ и максимальные интенсивности; нужно распределить ресурс по времени так, чтобы проект был завершен за минимальное время.

49. Фронт работ — набор работ, которые можно выполнять в данный момент. Максимальный фронт — все допустимые к выполнению работы на данный момент.

50. Алгоритм: на каждом шаге определяют фронт работ, распределяют доступный ресурс между работами фронта (обычно в приоритете критические/напряженные), пересчитывают сроки и переходят к следующему моменту.

51. Минимальная задержка проекта — наименьшее увеличение срока завершения проекта по сравнению с критическим временем из-за ресурсных ограничений.

52. Функция поставок — функция $S(t)$, задающая количество ресурса, поступающего/доступного к моменту времени t .

53. Ресурсно-допустимое время окончания проекта — минимальное время T , при котором проект можно выполнить без нарушения графика поставок ресурсов.

54. Алгоритм: сравнивают интегральный график потребности с функцией поставок, определяют минимальный сдвиг/удлинение плана, при котором потребность нигде не превышает наличие ресурса.

55. Оптимальный план можно определять по-разному: минимум среднеквадратичного отклонения, минимум максимального отклонения, минимум пикового потребления, минимум $R_{\max}$ при заданном сроке.

56. Алгоритм минимизации среднеквадратичного отклонения: в пределах резервов последовательно сдвигают не критические работы так, чтобы ресурсный график становился как можно более ровным.

57. Для нескольких ресурсов применяют тот же принцип, но по всем ресурсам сразу: либо по суммарному критерию, либо по системе приоритетов/весов.

58. Для нескольких проектов строят объединенный календарный план, общий ресурсный график и сдвигают работы разных проектов так, чтобы минимизировать общий критерий неравномерности.

59. Алгоритм минимизации максимального потребления: находят интервалы-пики, затем смещают не критические работы из этих интервалов в менее загруженные, не нарушая срок проекта.

60. Для нескольких проектов — объединяют графики потребления, выделяют общие пики и перераспределяют работы между проектами/интервалами времени в пределах допустимых резервов.

Вопросы	Критерии
1-30	0,3б – за каждый правильный ответ 0 б – остальные случаи
31-60	0,4б – за каждый правильный ответ 0 б – остальные случаи

Итоговый тест

Вопрос	Правильный ответ	Критерии
1	3	2 б – полное правильное соответствие 0 б – остальные случаи
2	1	2 б – полное правильное соответствие 0 б – остальные случаи
3	3	2 б – полное правильное соответствие 0 б – остальные случаи
4	1,2	2 б – полное правильное соответствие 0 б – остальные случаи
5	1,3	2 б – полное правильное соответствие 0 б – остальные случаи
6	3	2 б – полное правильное соответствие 0 б – остальные случаи
7	3	2 б – полное правильное соответствие 0 б – остальные случаи
8	1,2	2 б – полное правильное соответствие 0 б – остальные случаи
9	2	2 б – полное правильное соответствие 0 б – остальные случаи
10	3	2 б – полное правильное соответствие 0 б – остальные случаи

Контрольная работа №1

Построить сетевой график.

Работы	Непосредственные предшественники
1	-
2	-
3	1,2
4	2
5	3
6	1
7	4,5
8	4,5
9	4,6
10	6,7

Правильный ответ

$S \rightarrow \{1,2\}, \{1,2\} \rightarrow 3, 2 \rightarrow 4, 3 \rightarrow 5, 1 \rightarrow 6, \{4,5\} \rightarrow 7, \{4,5\} \rightarrow 8, \{4,6\} \rightarrow 9, \{6,7\} \rightarrow 10, \{8,9,10\} \rightarrow \{4,5\} \rightarrow 7, \{4,5\} \rightarrow 8, \{4,6\} \rightarrow 9, \{6,7\} \rightarrow 10, \{8,9,10\} \rightarrow F$

Контрольная работа №2

Построить сетевой график. Вычислить минимальные и максимальные времена наступления событий, критическое время выполнения проекта, найти критический путь.

Контрольная работа №3

Построить сетевой график. Найти свободный, полный и независимый резервы времени.

Общий расчет для КР №2, КР №3

Исходные работы

Работы	Продолжительность работ
I,A	2
I,B	1
I,E	3
A,H	1
B,M	6
B,E	1
E,K	4
H,M	3
M,K	1
K,C	2

2.2.1. Ранние и поздние сроки событий

Событие	Тр	Тп	Резерв события
I	0	0	0
A	2	3	1
B	1	1	0
E	3	4	1
H	3	4	1
M	7	7	0
K	8	8	0
C	10	10	0

Выводы

Критическое время проекта: $T_{кр}=10$

Критический путь: $I \rightarrow B \rightarrow M \rightarrow K \rightarrow C$

2.2.2. Таблица по работам: сроки, резервы, критичность

Работы	t	ES	EF	LS	LF	Полный резерв	Свободный резерв	Независимый резерв	Статус
I,A	2	0	2	1	3	1	0	0	некритическая
I,B	1	0	1	0	1	0	0	0	критическая
I,E	3	0	3	1	4	1	0	0	некритическая
A,H	1	2	3	3	4	1	0	0	некритическая
B,M	6	1	7	1	7	0	0	0	критическая
B,E	1	1	2	3	4	2	1	1	некритическая
E,K	4	3	7	4	8	1	1	0	некритическая
H,M	3	3	6	4	7	1	1	0	некритическая
M,K	1	7	8	7	8	0	0	0	критическая
K,C	2	8	10	8	10	0	0	0	критическая

2.3. Ответ для КР №2

Построить сетевой график, вычислить минимальные и максимальные времена наступления событий, критическое время и критический путь.

Краткий ответ

Ранние сроки событий:

0,2,1,3,3,7,8,10

Поздние сроки событий:

0,3,1,4,4,7,8,10

Критическое время:

$T_{кр} = 10$

Критический путь:

I–B–M–K–C

2.4. Ответ для КР №3

Краткий ответ

Используем таблицу 2.2.2.

Итоговые резервы:

Работы	Полный	Свободный	Независимый
I,A	1	0	0
I,B	0	0	0
I,E	1	0	0
A,H	1	0	0
B,M	0	0	0
B,E	2	1	1
E,K	1	1	0
H,M	1	1	0
M,K	0	0	0
K,C	0	0	0

Контрольная работа №4

Построить сетевой график. Решить задачу оптимального распределения ресурсов по работам при постоянных интенсивностях. Наличие ресурса $R=12$. Работы не допускают перерыва в их выполнении.

Работы	Продолжительность работ	Интенсивности выполнения работ
I,A	2	3
I,B	1	4
I,E	3	5
A,H	1	3
B,M	6	5
B,E	1	6
E,K	4	7
H,M	3	5
M,K	1	4
K,C	2	5

Ответ для Контрольной работы №4

Один из допустимых оптимизированных календарных планов

Работы	Начало	Конец
I,A	0	2
I,B	0	1
I,E	0	3
B,E	2	3
A,H	3	4
B,M	3	9
H,M	4	7
E,K	7	11
M,K	9	10
K,C	11	13

Один из допустимых оптимизированных календарных планов

Проверка по ресурсу

Интервал	Активные работы	Суммарный ресурс
0–1	I–A, I–B, I–E	$3+4+5 = 12$
1–2	I–A, I–E	8
2–3	I–E, B–E	11
3–4	A–H, B–M	8
4–7	H–M, B–M	10
7–9	E–K, B–M	12
9–10	E–K, M–K	11
10–11	E–K	7
11–13	K–C	5

Ответ

Ресурсное ограничение соблюдено

Продолжительность проекта по этому плану: $T=13$