

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой вычислительной математики  
и прикладных информационных технологий (ВМиПИТ)



М. Леденева

22.03.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ДВ.03.03.03 Структурное моделирование вычислительных систем**

- 1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**  
01.03.02 Прикладная математика и информатика
- 2. Модуль по выбору:** Информационные технологии для вычислительных систем
- 3. Квалификация выпускника:** бакалавр
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** кафедра вычислительной математики и прикладных информационных технологий (ВМиПИТ)
- 6. Составитель программы:** Леденева Татьяна Михайловна, д.т.н., профессор кафедры ВМ и ПИТ факультета ПММ
- 7. Рекомендована:** НМС факультета ПММ 22.03.2024г., протокол №5.
- 8. Учебный год:** 2027/2028                      **Семестр:** 7
- 9. Цели и задачи учебной дисциплины:**  
*Цель учебной дисциплины:* ознакомить обучающихся с подходами и методиками структурного моделирования, которые используются при принятии решения относительно архитектуры вычислительных систем или организации вычислительного процесса.  
*Задачи учебной дисциплины:*  
изучение алгоритмов теории графов как основы структурного моделирования, анализа и оптимизации структурированных объектов;  
обзор основных архитектур вычислительных систем, подходов к их моделированию и оптимизации;  
ознакомление с критериями пригодности (требованиями) при принятии решений об архитектуре вычислительной системы;  
проведение аналитических исследований для обеспечения требований к архитектуре вычислительных систем.
- 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** вариативная часть.

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:**

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-4	Способен разрабатывать комплекс требований к ПО, осуществлять его проектирование с учетом особенностей предметной области для решения прикладных задач в естественных науках, промышленности и бизнесе и управлять работами по созданию (модификации) и сопровождению ИР	ПК-4.1	Проводит анализ и формализацию предметной области, выявляет информационные потребности и оценивает возможности реализации требований к компьютерному программному обеспечению и ИР.	<i>Знать:</i> основные этапы моделирования структуры сложных систем и объектов на основе теории графов. <i>Уметь:</i> выделять структурные элементы сложной системы или объекта и строить математическую модель в виде графа. <i>Владеть:</i> методами теории графов, предназначенных для определения структурных свойств и инвариантов графовых моделей.
		ПК-4.2	Разрабатывает концептуальную модель прикладной области, проводит математическую формализацию и реализацию решения прикладных задач, разрабатывает технические спецификации на программные компоненты и их взаимодействие, и ИР.	<i>Знать:</i> основные типы структурных моделей и приемы формализации некоторых классов прикладных задач. <i>Уметь:</i> анализировать альтернативные варианты организации (или архитектурных решений) вычислительного процесса и выбирать лучший на основе актуальных критериев. <i>Владеть:</i> методами теории графов, предназначенных структурного моделирования.
		ПК-4.3	Использует современные математические методы и компьютерные технологии для проектирования ПО, разработки и адаптации при проектировании программного обеспечения и ИР.	<i>Знать:</i> современные математические методы и компьютерные технологии для проектирования ПО. <i>Уметь:</i> выбирать современные технологии и методики выполнения работ по реализации отдельных функций информационных систем. <i>Владеть:</i> подходами для проектирования программного обеспечения для структурного моделирования.
ПК-6	Способен проводить обработку и анализ больших данных с использованием существующей в организации методологической и технологической инфраструктуры	ПК-6.3	Проводит аналитическое исследование в соответствии с согласованными требованиями заказчика, в том числе, с использованием технологий больших данных.	<i>Знать:</i> основные технологии и методики, связанные со структурным моделированием вычислительных систем. <i>Уметь:</i> выделить функции вычислительных систем, реализуемых на основе теории графов (планирование). <i>Владеть:</i> методами и алгоритмами теории графов.
ПК-7	Осуществляет концептуальное, функциональное и логическое проектирование систем среднего и крупного	ПК-7.2	Разрабатывает техническое задание на программные компоненты, а также ИС и ИР	<i>Знать:</i> основные типы архитектурных решений для вычислительных систем. <i>Уметь:</i> сформулировать критерий для выбора лучшей архитектуры и сформировать этапы оптимизации.

	масштаба и сложности			<i>Владеть:</i> методами принятия решений для определения лучшего варианта архитектуры.
--	----------------------	--	--	---

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час – 3/108.**

**Форма промежуточной аттестации:** экзамен, контрольная работа.

**13. Трудоемкость по видам учебной работы:**

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	Всего	Семестр 7
Контактная работа	48	48
в том числе:	лекции	16
	практические	16
	лабораторные	16
Самостоятельная работа	24	24
Промежуточная аттестация	36	36
Итого	108	108

**13.1 Содержание разделов дисциплины:**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Основные понятия теории графов	Основы структурного моделирования. Графы и подграфы. Свойства графов. Матричные представления графов. Степенные последовательности. Основные инварианты графов.	moodle (Прикладная теория графов) edu.vsu.ru
1.2	Устойчивые множества в графе	Устойчивые множества в графе. Метод Магу для определения устойчивых множеств. Задача о наименьшем покрытии. Совершенное паросочетание, оптимальное назначение и составление расписаний. Понятие ядра, критерии существования ядра и соответствующие алгоритмы построения. Задача раскраски.	moodle (Прикладная теория графов) edu.vsu.ru
1.3	Поисковые процедуры на графах	Дерево и остов. Алгоритмы построения произвольного остова. Задача о кратчайшем остове. Поисковые процедуры на графах. Основные стратегии поиска (поиск в глубину, поиск в ширину, поиск по уровням). Оптимальные деревья бинарного поиска.	moodle (Прикладная теория графов) edu.vsu.ru
1.4	Потоки в сетях	Потоки в сетях. Задача о кратчайшем пути. Алгоритмы Дейкстры, Форда, Флойда. Задача о максимальном потоке. Алгоритм Форда-Фалкерсона. Критический путь в бесконтурном графе. Потокоевое программирование.	moodle (Прикладная теория графов) edu.vsu.ru
1.5	Задачи размещения	Центры и медианы графа. Понятие абсолютного центра. Метод Хакими. Размещение центров обслуживания.	moodle (Прикладная теория графов) edu.vsu.ru
1.6	Графы программ	Граф программы. Алгоритмы анализа (транзитивное замыкание, транзитивная ориентация, сильная связность). Сводимость графа программы. Доминаторы в графе программы.	moodle (Структурное моделирование ВС) edu.vsu.ru

1.7	Моделирование архитектуры вычислительных систем и сетей	Использование графов для моделирования архитектуры и процессов обработки информации в вычислительных сетях. Граф программы и информационный граф. Потокковые модели распределенных вычислений. Задача выбора целевой архитектуры вычислительной системы, основные этапы синтеза, критерий существования.	moodle (Структурное моделирование ВС) edu.vsu.ru
1.8	Реализуемость распределенных вычислений	Понятие М-сети и анализ реализуемости распределенных вычислений. Задача разметки М-сетей. Эквивалентные преобразования М-сетей. Алгоритмы разметки. Обнаружение и предотвращение блокировок.	moodle (Структурное моделирование ВС) edu.vsu.ru
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Основные понятия теории графов	Способы представления графов. Матрицы графов. Инварианты графов и основные характеристики, используемые при структурном моделировании.	moodle (Прикладная теория графов) edu.vsu.ru
2.2	Устойчивые множества в графе	Алгоритмы определения независимых, доминирующих множеств, паросочетаний и ядер. Приложения к решению задачи распараллеливания процессов и задачи планирования вычислений.	moodle (Прикладная теория графов) edu.vsu.ru
2.3	Поисковые процедуры на графах	Алгоритмы построения произвольного остова, кратчайшего остова. Поисковые процедуры на графах (в глубину, в ширину, по уровням) и их использование при тестировании вычислительного процесса.	moodle (Прикладная теория графов) edu.vsu.ru
2.4	Потоки в сетях	Алгоритмы нахождения кратчайшего и критического путей, алгоритм фронта волны, алгоритм Форда-Фалкерсона.	moodle (Прикладная теория графов) edu.vsu.ru
2.5	Задачи размещения	Алгоритм нахождения медиан и центров графа. Использование медиан и центров при проектировании вычислительных процессов.	moodle (Прикладная теория графов) edu.vsu.ru
<b>3. Лабораторные занятия</b>			
3.1	Алгоритмы теории графов (1.2-1.5)	Алгоритмы теории графов.	moodle (Прикладная теория графов) edu.vsu.ru
3.2	Графы программ	Анализ графа программы, информационного графа.	moodle (Структурное моделирование ВС) edu.vsu.ru
	Моделирование архитектуры вычислительных систем и сетей	Задача выбора архитектуры.	moodle (Структурное моделирование ВС) edu.vsu.ru
3.3	Реализуемость распределенных вычислений	Задача планирования вычислений.	moodle (Структурное моделирование ВС) edu.vsu.ru

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий:

№	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Основные понятия теории графов	2	2		2	6
2	Устойчивые множества в графе	2	4	1	2	9
3	Поисковые процедуры на графах	2	2	1	2	7
4	Потоки в сетях	2	4	1	2	9
5	Задачи размещения	2	4	1	2	9
6	Графы программ	2		4	4	10

7	Моделирование архитектуры вычислительных систем и сетей	2		4	6	12
8	Реализуемость распределенных вычислений	2		4	4	10
Итого:		16	16	16	24	108

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Лекционные занятия (лекции) реализуются в традиционной форме в соответствии с календарным планом-графиком чтения лекций. Целесообразно лекции сопровождать практическими занятиями для лучшего понимания материала и формирования навыков и умений для решения задач, относящихся к структурному моделированию.

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения необходимо выполнять все указания преподавателей по работе на LMS-платформе, своевременно подключаться к online-занятиям, соблюдать рекомендации по организации самостоятельной работы.

#### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, интернет-ресурсов, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Тюрин, С. Ф. Теория графов и её приложения : учебное пособие / С. Ф. Тюрин. – Пермь : ПНИПУ, 2017. – 207 с. – ISBN 978-5-398-01745-8. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/160870">https://e.lanbook.com/book/160870</a>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
2	Харари Ф. Теория графов / Ф. Харари. – М. : URSS: ЛЕНАНД, 2018. – 304 с.
3	Емеличев В.А. Теория графов в задачах и упражнениях / В.А. Емеличев, О.И. Мельников, В.И. Сарванов, Р.И. Тышкевич. – М. : URSS: Едиториал, 2018. – 416 с.
4	Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход / Н. Кристофидес. – М. : Мир, 1978. – 427 с.
5	Топорков, В. В. Модели распределенных вычислений : монография / В. В. Топорков. – Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2011. – 320 с. – ISBN 5-9221-0495-0. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/2339">https://e.lanbook.com/book/2339</a>
6	Шамакина А.В. Обзор технологий распределенных вычислений / А.В. Шамакина // Вестник ЮУрГУ. Серия: Вычислительная математика и информатика, 2014. – Т.3. – №3. – С. 52-85

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
7	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – Электронный каталог Научной библиотеки ВГУ
8	Леденева, Т.М. Курс «Прикладная теория графов» / Образовательный портал «Электронный университет ВГУ». – Режим доступа: <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10641">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10641</a>

#### 16. Перечень учебно-методического обеспечения

№ п/п	Источник
9	Элементы теории графов : учебное пособие для вузов / Воронеж. гос. ун-т; сост.: Л.Ю. Кабанцова, Т.К. Кацаран. – Воронеж : ЛОП ВГУ, 2007. – 55 с. : ил. – Библиогр.: с. 52. – URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/may07054.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/may07054.pdf</a>
10	Леденева, Т.М. Некоторые алгоритмы прикладной теории графов: учебно-методическое пособие / Т.М. Леденева. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2021. – 32 с.

#### 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии, электронное обучение, смешанное обучение.

Дисциплина реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. Для организации занятий рекомендован онлайн-

курс «Прикладная теория графов», размещенный на платформе Электронного университета ВГУ (LMS moodle), а также интернет-ресурсы, приведенные в п.15в.

**18. Материально-технического обеспечения дисциплины:** специального материально-технического обеспечения не требуется.

Мебель и оборудование	Программное обеспечение
<b>Лекции</b>	
Специализированная мебель, компьютер (ноутбук), мультимедийное оборудование (проектор, экран, средства звуковоспроизведения).	Windows 10 (лицензионное ПО); Adobe Reader (свободное и/или бесплатное ПО); Mozilla Firefox (свободное и/или бесплатное ПО)
<b>Практические занятия</b>	
Специализированная мебель, компьютер (ноутбук), мультимедийное оборудование (проектор, экран, средства звуковоспроизведения).	Windows 10 (лицензионное ПО); Adobe Reader (свободное и/или бесплатное ПО); Mozilla Firefox (свободное и/или бесплатное ПО)
<b>Лабораторные работы</b>	
Специализированная мебель, компьютер (ноутбук), мультимедийное оборудование (проектор, экран, средства звуковоспроизведения), персональные компьютеры для индивидуальной работы.	Windows 10 (лицензионное ПО); Adobe Reader (свободное и/или бесплатное ПО); Mozilla Firefox (свободное и/или бесплатное ПО)

**19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций**

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

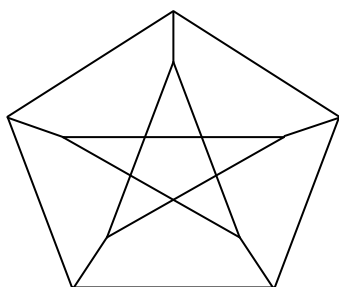
№	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	Основные понятия теории графов	ПК-4, ПК-7	ПК-4.2, ПК-4.3, ПК-7.2	Опрос
2	Устойчивые множества в графе	ПК-4, ПК-6	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3, ПК-6.3	Контрольная работа
3	Поисковые процедуры на графах	ПК-4, ПК-6	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3, ПК-6.3	
4	Потоки в сетях	ПК-4, ПК-6	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3, ПК-6.3	
5	Задача размещения	ПК-4, ПК-6	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3, ПК-6.3	
6	Графы программ	ПК-4, ПК-6, ПК-7	ПК-4.2, ПК-6.3, ПК-7.2	Отчет по ЛР
7	Моделирование архитектуры вычислительных систем и сетей	ПК-4, ПК-6, ПК-7	ПК-4.2, ПК-6.3, ПК-7.2	Отчет по ЛР
8	Реализуемость распределенных вычислений	ПК-4, ПК-6, ПК-7	ПК-4.2, ПК-6.3, ПК-7.2	Отчет по ЛР
Промежуточная аттестация Форма контроля – экзамен				Перечень теоретических вопросов, тесты

## 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

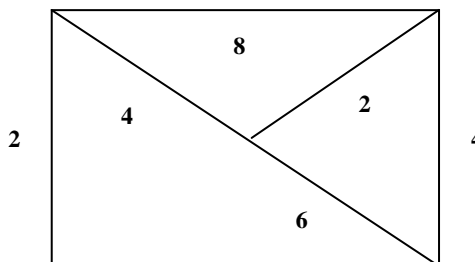
### 20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

#### Контрольная работа (пример варианта)



$G_1$



$G_2$

1. Найти хроматическое число графа  $G_1$  и соответствующую раскраску.
2. Найти дерево поиска в глубину и дерево поиска в ширину для  $G_1$  из корня  $r$ .
3. Является ли граф  $G_1$  эйлеровым?
4. Найти кратчайший остов графа  $G_2$  и его длину.
5. Ввести ориентацию на ребрах графа  $G_2$ , определить спектр графа и кратчайшего остова.
6. В гамильтоновом орграфе  $G_2$  алгебраическим методом определить гамильтоновы пути.
7. Найти кратчайший путь в ориентированном графе  $G_2$  из  $s$  в  $t$ .

**Критерий оценки контрольной работы:** контрольная работа зачтена, если выполнены все задания.

### 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в форме письменного экзамена, на который отводится 60 минут. Затем работы проверяются преподавателем, и полученные оценки выставляются в ведомость и в зачетку. Если имеется необходимость в уточнении ответов, то может быть проведено дополнительное собеседование.

#### Перечень вопросов для промежуточной аттестации (экзамен)

1. Основные понятия теории графов (типы графов, инварианты, матрицы).
2. Основные матрицы графов.
3. Спектр графа и его основные свойства. Связи между спектральными и структурными свойствами графов.
4. Спектральные методы в теории графов.
5. Степенная последовательность. Критерий графичности.
6. Реализация графической последовательности графами с различными свойствами.
7. Правильная раскраска. Проблема четырех красок. Эвристическая процедура раскрашивания.
8. Хроматический многочлен графа.
9. Точные и приближенные алгоритмы раскраски.
10. Прикладное значение задачи раскраски.

11. Поиск в глубину и поиск в ширину. Конструирование алгоритмов на основе поисковых процедур.
12. Циклы, разрезы и их матрицы. Цикломатическое и коцикломатическое числа графа.
13. Эйлеровы графы. Критерии эйлеровости. Метод Флери.
14. Гамильтоновы графы. Критерии гамильтоновости. Алгебраический метод построения гамильтоновых путей и контуров. Метод перебора Робертса и Флореса.
15. Задача коммивояжера в графовой постановке.
16. Экстремальные задачи на графах и их приложения.
17. Задача о максимальном пути как основа для управления проектом.
18. Граф программы. Алгоритмы анализа графа программы.
19. Граф как модель вычислительного процесса. Понятие информационного графа. Поточные модели распределенных вычислений.
20. Задача выбора целевой архитектуры вычислительной системы.
21. Понятие М-сети. Эквивалентные преобразования М-сетей. Задача разметки М-сетей. Анализ реализуемости распределенных вычислений.

### Контрольно-измерительный материал (пример)

1. Поиск в глубину и поиск в ширину. Конструирование алгоритмов на основе поисковых процедур.
2. Граф как модель вычислительного процесса. Понятие информационного графа. Поточные модели распределенных вычислений.

### Критерии аттестации (экзамен):

Оценка	Теоретические знания	Практические навыки	
	КИМ	Контрольная работа	Лабораторные работы
<i>Отлично</i>	Уверенное владение терминологией; знание основных фактов теории и методов.	Не менее 90% задач решено правильно.	Все выполнены.
<i>Хорошо</i>	Знание основных понятий и фактов теории, однако ответы на вопросы являются не полными.	Не менее 75% задач решено правильно.	Все выполнены.
<i>Удовлетворительно</i>	Наличие неглубоких теоретических знаний.	Не менее 50% задач решены правильно.	Выполнены две работы из трех
<i>Неудовлетворительно</i>	По большей части отсутствуют теоретические знания.	Правильно решено не более 50% задач.	Выполнено не более одной работы.

### 20.3 Тестовые задания для проведения диагностических работ

*ПК-4 Способен применять методы вычислительной математики, компьютерного моделирования и оптимизации для организации вычислительных процессов*

#### Вопросы с вариантами ответов

Критерий оценивания	Шкала оценок
Верный ответ	1 балл
Неверный ответ	0 баллов

1. Укажите свойства бесконтурного графа
  - а) существует хотя бы одна вершина без входящих дуг;
  - б) степени всех вершин равны;
  - в) между каждой парой вершин имеется единственный путь;
  - г) после удаления любой вершины полученный подграф остается бесконтурным;



- д) существует хотя бы одна вершина без выходящих дуг;  
 е) граф может быть упорядочен в виде разложения по уровням.  
 Ответ: а), г), д), е)

2. Укажите свойства иерархического представления бесконтурного графа

- а) вершины без выходящих дуг располагаются только на нижнем уровне;  
 б) вершины без выходящих дуг могут располагаться на любом уровне, начиная со второго;  
 в) вершины, находящиеся на одном уровне, могут быть смежны;  
 г) если нумерация уровней начинается с 0, то для вершин, расположенных на уровне  $k$ , существует максимальный путь из какой-либо вершины верхнего уровня, состоящий из  $k$  дуг;  
 д) иерархия включает транзитивно замыкающие дуги;  
 е) иерархия не включает транзитивно замыкающие дуги.

Ответ: а), е)

3. Из перечисленных свойств выберите свойства деревьев

- а) имеет  $(n-1)$  ребер;  
 б) не является связным;  
 в) не содержит циклов, но добавление ребра между любыми двумя несмежными вершинами приводит к появлению цикла;  
 г) все циклы простые;  
 д) не имеет висячих вершин;  
 е) связан, но утрачивает это свойство после удаления любого ребра.

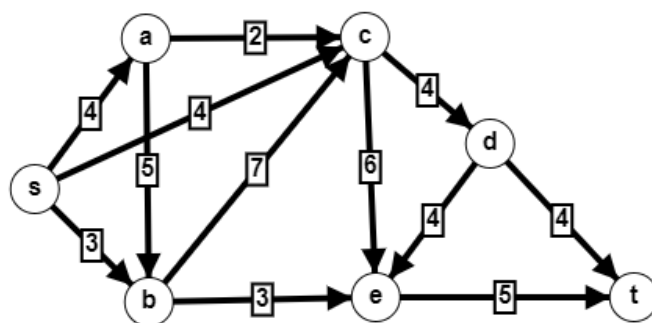
Ответ: а), в), е)

4. Под *топологической сортировкой* вершин ориентированного графа понимается

- а) разложение графа на уровни;  
 б) правильная (монотонная) нумерация вершин;  
 в) переход к конденсации.

Ответ: б)

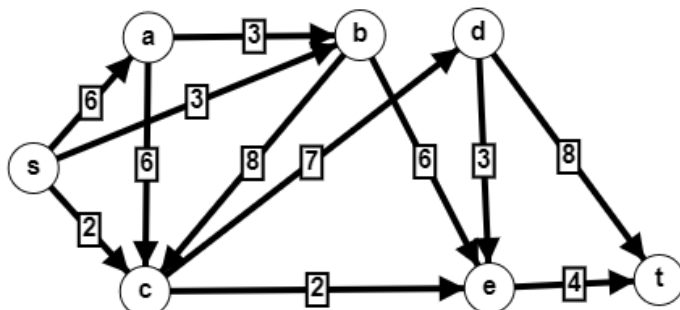
5. Определите кратчайший путь из  $s$  в  $t$  с помощью алгоритма Дейкстры. Какие вершины на последнем шаге имеют постоянные метки? Укажите номер варианта, который соответствует правильному решению задачи.



№	Длина пути	Кратчайший путь	Вершины с постоянными метками на последнем шаге
1	12	$s \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow t$	$s, c, d, t$
2	11	$s \rightarrow b \rightarrow e \rightarrow t$	$s, b, e, t$
3	11	$s \rightarrow b \rightarrow e \rightarrow t$	$s, a, b, c, d, e, t$
4	11	$s \rightarrow b \rightarrow e \rightarrow t$	$s, b, c, e, t$

Ответ: 3

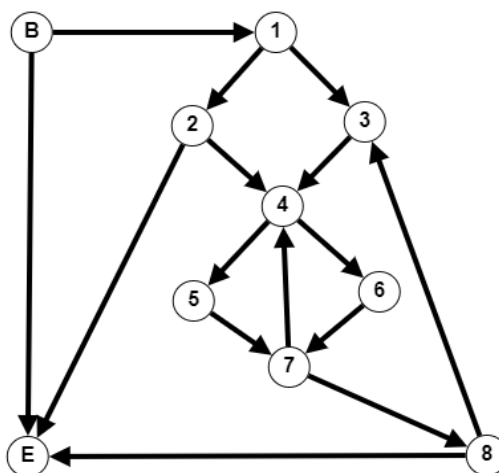
6. Для данного графа определите правильную (монотонную) нумерацию вершин (нумерация начинается с 1). Найти длину максимального (критического) пути из вершины  $s$  в вершины с четными номерами. Определите длину максимального пути из  $s$  в  $t$ . Укажите номер варианта, который соответствует правильному решению задачи.



№	2	4	6	Длина максимального пути	Максимальный путь
1	2	11	25	32	$s \rightarrow a \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow e \rightarrow d \rightarrow t$
2	6	13	21	26	$s \rightarrow a \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow t$
3	6	17	27	32	$s \rightarrow a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow t$
4	2	9	26	32	$s \rightarrow a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow t$

Ответ: 3

7. Пусть модель вычислений представлена потоковым графом (вершины представляют операторы, а дуги – передачу управления). В графе выделяются две вершины – начальная  $B$  (точка входа в программу) и конечная  $E$  (точка выхода из программы). Вершина  $u$  доминирует вершину  $v$  тогда и только тогда, когда все пути от начальной вершины  $B$  к вершине  $v$  проходят через вершину  $u$ . Входная информация любой вершины определяется через объединение свойств выходов вершин-предшественников. Отношение доминирования может быть представлено *деревом доминирования*. Для графа программы, изображенного на рисунке, постройте дерево доминирования. На его основе укажите все вершины, которые не доминируют никакие другие вершины.



- a) 2, 4, 5, 8;
  - b) 2, 3, E;
  - c) 2, 5, 6, 8, E.
- Ответ: c)

*ПК-5 Способен осуществлять анализ и выбор современных технологий реализации отдельных функций вычислительных систем и сервисов информационных технологий, применяемых для их создания*

#### **Вопросы с вариантами ответов**

Критерий оценивания	Шкала оценок
Верный ответ	1 балл
Неверный ответ	0 баллов

8. Под *структурой вычислительной системы* понимается

- а) совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих компьютеров или процессоров, периферийного оборудования и программного обеспечения;
- б) совокупность комплексируемых элементов и их связей, при этом под элементами понимаются отдельные компьютеры или процессоры.

Ответ: б)

9. Укажите отличительные особенности *многомашинных вычислительных систем*

- а) компьютеры (процессоры) не имеют общей памяти, у каждого – своя локальная память;
- б) компьютеры (процессоры) имеют общую оперативную память и общие периферийные устройства;
- в) компьютеры (процессоры) работают под управлением единой операционной системы;
- г) каждый компьютер сохраняет возможность автономной работы и управляется собственной ОС;
- д) распределение вычислительной нагрузки осуществляется на уровне задач;
- е) организация вычислительного процесса осуществляется операционной системой.

Ответ: а), г), д)

10. Каким вычислительным системам соответствуют следующие типы структурной организации: с общей шиной, с перекрестной коммутацией, с многовходовыми ОЗУ

- а) многомашинные вычислительные системы;
- б) многопроцессорные вычислительные системы?

Ответ: б)

11. Какой тип архитектуры вычислительных систем предполагает наличие общей оперативной памяти:

- а) архитектура фон Неймана;
- б) параллельно-процессорная архитектура;
- в) многомашинная архитектура;
- г) многопроцессорная архитектура?

Ответ: б), г)

12. Установите соответствие между элементами структуры управления ресурсами: 1) менеджер ресурсов, 2) планировщик и следующими функциями: а) определение очередности работ и их назначение на те или иные ресурсы; б) распределение вычислительных ресурсов, генерация вычислительных процессов.

Ответ: 1-б, 2-а

13. Для планирования вычислений пользователь формирует запрос, указывая необходимое число процессорных узлов, максимальное время их загрузки, желательное время запуска приложения. Укажите выбранную пользователем стратегию планирования распределенных вычислений:

- а) стратегия простого распределения;
- б) стратегия планирования на основе резервирования ресурсов;

в) стратегия планирования на основе времени выполнения работ.

Ответ: б)

14. Под целевой архитектурой понимается

а) структура вычислительной системы, которая разрабатывается на этапе проектирования и удовлетворяет требованиям пользователей;

б) обобщенное представление структуры доступных вычислительных ресурсов и способа их функционирования;

в) совокупность подсистем вычислительной системы, обеспечивающих цели функционирования.

Ответ: б)

15. Некоторая модель программы, которая учитывает ее особенности при выборе соответствующей ей целевой архитектуры – это

а) формальное описание программы;

б) архитектурный признак;

в) спецификация.

Ответ: в)

16. Определение отображения, которое задает разбиение множества объектов спецификации на блоки, соответствующие функциям архитектуры – это

а) задача описания целевой архитектуры;

б) задача представления спецификации целевой архитектурой;

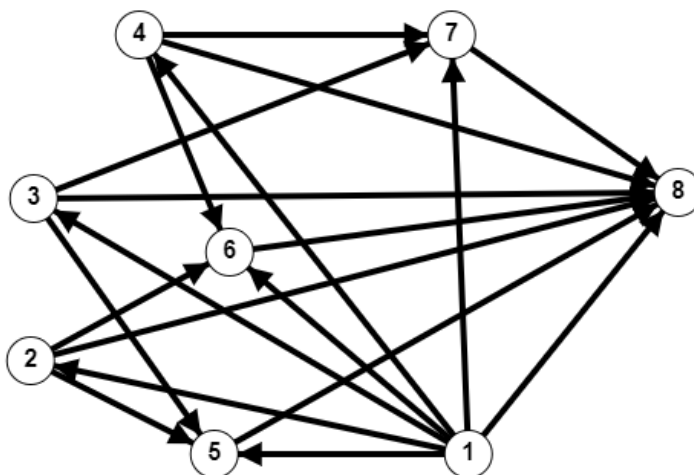
в) задача выделения архитектурных признаков.

Ответ: б)

#### Вопросы с кратким текстовым ответом

Критерий оценивания	Шкала оценок
Верный ответ	2 балла
Неверный ответ	0 баллов

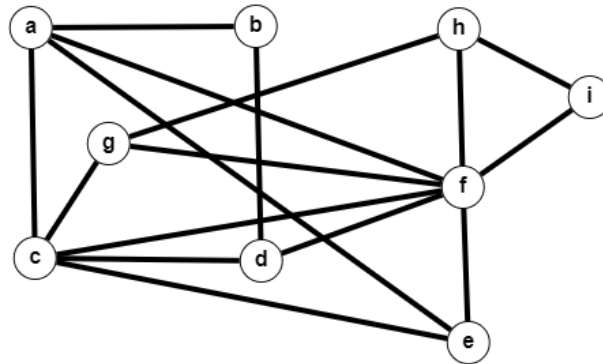
17. На рисунке представлен граф задания, в котором вершины соответствуют задачам, а дуги – потокам данных. Представьте данный граф задания в канонической ярусно-параллельной форме. Укажите номер яруса (уровня), на котором находится задача 6 (нумерация начинается с 1).



Ответ: 3

18. На рисунке представлен граф, в котором вершины соответствуют некоторым вычислительным операциям, и две вершины соединены ребром, если для их выполнения вы-

числительная система использует один и тот же ресурс. Определите максимальное количество возможных параллельных процессов.



Ответ: 2

19. Для прогнозирования времени выполнения заданий важно подобрать подходящий набор параметров, замеры которых позволят сформировать обучающую выборку. Пусть имеется четыре тестовых приложения для замера *быстродействия* компьютера ( $R$ ) и контрольная задача. Тестовые приложения измеряют

- скорость работы генератора случайных чисел ( $T_1$ ),
- скорость выделения/заполнения/очистки большого участка памяти ( $T_2$ ),
- выполнения арифметических операций с различными типами данных ( $T_3$ ),
- скорость вычисления некоторой заданной сложной функции ( $T_4$ ).

Они скомпилированы тем же компилятором и с теми же опциями, что и контрольная задача. Замеры результатов тестовых испытаний проводились на 8 различных компьютерах (табл. 1).

Таблица 1 – Результаты замеров (в нс.)

Компьютеры	T1	T2	T3	T4	R
1	1018446	535494	4164583	7556522	5746288
2	1258446	835494	6314579	6754221	5932924
3	858033	58416	3234261	6599890	6576530
4	491785	153217	2038833	3082111	435604
5	557369	193213	1981199	3760821	333015
6	582001	143883	5031178	4082541	486273
7	1399235	979481	2958057	2644208	6496516
8	609185	376030	6652203	1589381	635932

Таким образом, обучающая выборка имеет вид

$$\{(T_1(i), T_2(i), T_3(i), T_4(i), R)\}_{i=1,8},$$

где  $R$  – зависимая выходная переменная – *время выполнения контрольного приложения* (в наносекундах). Предполагается, что данная выборка будет использоваться для обучения нейронной сети, при этом необходимо сформировать окончательный набор факторов. Матрица парных коэффициентов корреляции представлена в табл. 2.

Таблица 2 – Коэффициенты парной корреляции

	T1	T2	T3	T4	R
--	----	----	----	----	---

<b>T1</b>	1	0,88587594	0,175831415	0,371426772	0,881501386
<b>T2</b>	0,88587594	1	0,28769778	0,053498586	0,583487107
<b>T3</b>	0,175831415	0,28769778	1	0,077956229	0,058650426
<b>T4</b>	0,371426772	0,053498586	0,077956229	1	0,859005027
<b>R</b>	0,881501386	0,583487107	0,058650426	0,859005027	1

Укажите индексы факторов, которые необходимо учесть при формировании обучающей выборки.

Решение.

Заметим, что коэффициенты парной корреляции между каждой парой факторов, кроме  $T_1$  и  $T_2$ , малы или очень малы. Это означает, что они являются независимыми. Коэффициент корреляции между  $T_1$  и  $T_2$  приближенно равен 0.88, что говорит о том, что связь между данными факторами можно считать прямой линейной и при определении зависимости нужно учитывать только один из факторов. Так как коэффициент корреляции между  $T_1$  и  $R$  больше, чем коэффициент корреляции между  $T_2$  и  $R$ , то в множество зависимых факторов нужно включить  $T_1$ . Также коэффициент корреляции между  $T_4$  и  $R$  можно считать близким к единице. Таким образом, при выявлении зависимости нужно учитывать факторы  $T_1$  и  $T_4$ .

Ответ: 1, 4

20. Вычислительная система включает следующие устройства, характеризующиеся различным быстродействием и мощностью:

$A$  – суперкомпьютер,

$B$  – компьютер с высокопроизводительными графическими ядрами,

$C$  – серверный компьютер,

$D$  – игровой компьютер,

$E$  – бюджетный компьютер (2021 года выпуска),

$F$  – бюджетный компьютер (2017 года выпуска).

В определенный момент времени для решения пакета заданий, поступивших в систему, необходимо выполнить следующие задания: 1 – симуляция химических процессов; 2 – обработка лучей в 3D-сцене; 3 – реализация поисковых алгоритмов на графе, содержащем 100 вершин; 4 – вывод 3D-модели на экран; 5 – компиляция библиотеки; 6 – вычисление корня  $n$ -ой степени. Ниже в таблице приведена матрица временных затрат, необходимых для решения каждого из заданий на различных типах компьютеров.

$P = (p_{ij})$	1	2	3	4	5	6
$A$	100	30	15	16	4	1
$B$	189	46	30	20	8	2
$C$	135	60	19	50	5	1
$D$	170	55	25	31	6	2
$E$	208	75	30	47	8	2
$F$	526	200	75	133	20	5

Здесь количество работ (заданий) совпадает с количеством исполнителей (устройств). Предполагается, что каждое задание выполняется только одним устройством. Цель заключается в минимизации общего времени выполнения заданий. Анализ задачи позволяет в качестве ее математической модели рассматривать задачу о назначениях и применить для решения венгерский метод. Суть метода заключается в приведении матрицы затрат  $P$

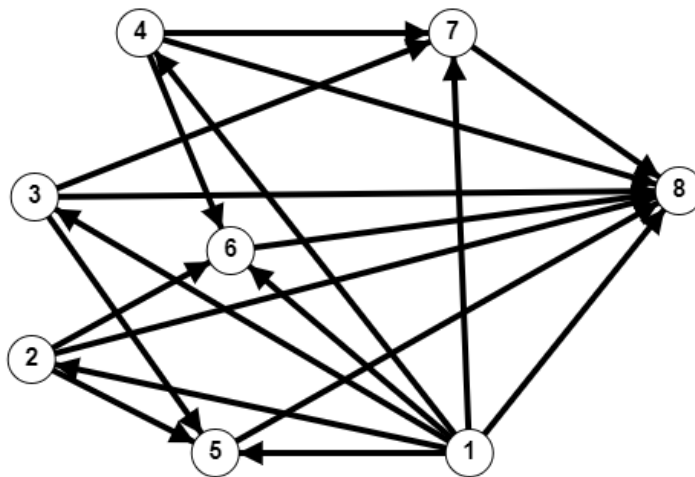
(в каждой строке и в каждом столбце появляется хотя бы один нуль) и ее последующих преобразованиях, которые связаны с перераспределением мест, занимаемых нулями. Именно на нулях строится решение задачи о назначениях. Предположим, что на последней итерации получена матрица (в ней голубым цветом выделены нули).

0	0	16	12	23	26
83	0	15	0	11	11
15	10	0	26	4	8
45	0	2	2	0	2
8	18	4	16	0	0
396	130	46	99	9	0

На основе данной матрицы с помощью алгоритма нахождения максимального паросочетания каждому из устройств (A–D) назначьте для выполнения одно из заданий (1-6) (в ответе укажите через запятую номера заданий, которые соответствуют каждому из устройств (A–D)).

Ответ: 1, 4, 3, 2, 5, 6.

21. Для анализа маркированных потоковых графов используется понятие порядковой функции, которая задает разбиение множества вершин графа по уровням.  $O(x) = l \Leftrightarrow x \in V_l$ , где  $V_l$  – уровень,  $l = 1, \dots, L$ . Бесконтурный маркированный потоковый граф с заданной посредством порядковой функции нумерацией уровней называется  $L$ -уровневой сетью. Для графа, изображенного на рисунке, постройте представление в виде  $L$ -уровневой сети. Определите значение  $L$ .



Ответ: 4

ПК-6 Способен разрабатывать прототипы ИС на базе типовой ИС

#### Вопросы с вариантами ответов

Критерий оценивания	Шкала оценок
Верный ответ	1 балл
Неверный ответ	0 баллов

22. Пусть для разработки информационной системы выбрана модель жизненного цикла, суть которой заключается в следующем: модель подразумевает строго последовательное выполнение стадий

*анализ → проектирование → реализация → внедрение → эксплуатация*

без возвратов к предыдущим; подразумевается полное и успешное завершение каждого этапа перед переходом к следующему; требования к системе в процессе разработки практически не изменяются. Укажите тип модели, который соответствует описанию:

- a) итерационная,
- b) каскадная,
- c) спиральная.

Ответ: b)

23. Укажите, на какой модели жизненного цикла основана технология RAD (Rapid Application Development)

- a) итерационная,
- b) каскадная,
- c) спиральная.

Ответ: c)

24. Укажите, в каких случаях целесообразно использование технологии RAD (Rapid Application Development)

- a) требования к программному обеспечению (ПО) определены нечетко или не полностью;
- b) интерфейс пользователя не является для заказчика главным фактором;
- c) отсутствуют временные ограничения на разработку информационной системы;
- d) программное обеспечение не обладает значительной вычислительной сложностью.

Ответ: a), d)

25. Укажите тип прототипа, который воплощает срез функциональности информационной системы от интерфейса пользователя до сервисных функций,

- a) вертикальный,
- b) горизонтальный.

Ответ: a)

26. Укажите тип прототипа, который демонстрирует внешний вид пользовательского интерфейса и структуру доступа к информации (структуру навигации),

- a) вертикальный,
- b) горизонтальный.

Ответ: b)

27. Укажите, какой процесс подразумевается под прототипированием

- a) выявление типовых структурных и функциональных требований к информационной системе в целях обеспечения ее потребительских свойств при автоматизации решения задач;
- b) определение целей создания информационной системы и круга решаемых ею задач;
- c) обновление системы в соответствии с новыми требованиями;
- d) процесс создания материального образа системы в форме графических изображений.

Ответ: a)

28. Предположим, что граф, изображенный на рисунке, является сетевой моделью проекта. Для составления календарного плана требуется определить величины максимальных (критических) путей из вершины  $s$  в каждую из других вершин. Длина максимального пути из  $s$  в  $t$  определит время, необходимое для реализации проекта. Укажите номер варианта, который соответствует правильному решению задачи.

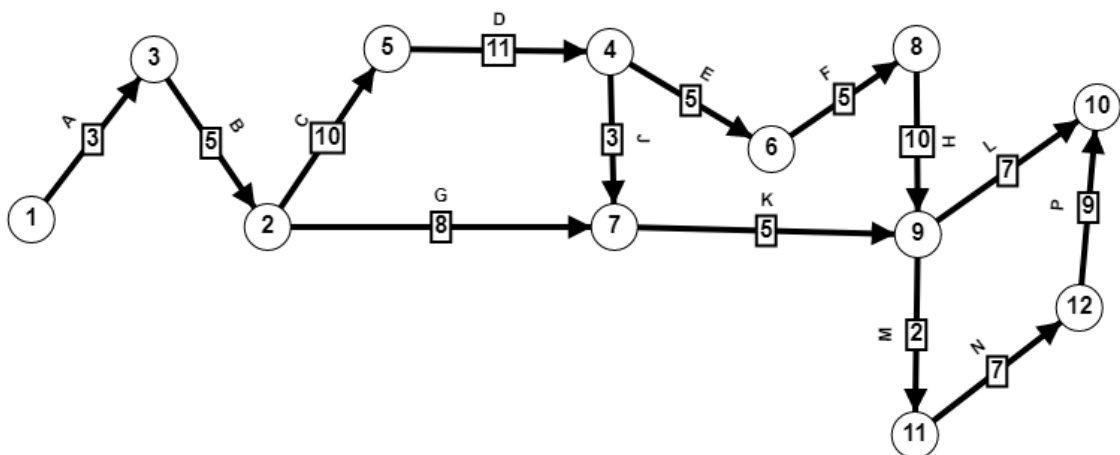


№	a	b	c	d	e	t	Максимальный путь
1	4	7	10	16	9	28	$s \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow t$
2	4	7	14	20	23	30	$s \rightarrow a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow t$
3	4	7	12	18	10	26	$s \rightarrow a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow t$
4	4	5	12	16	12	30	$s \rightarrow a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow t$

Ответ: 2

29. На рисунке представлена сетевая модель проекта по разработке сайта с произвольной нумерацией вершин.

Рисунок – Сетевой график проекта



Каждой дуге соответствует работа; ее вес – продолжительность работы. Для определения временных параметров сетевого графика необходимо присвоить вершинам-событиям правильную нумерацию (начало каждой работы нумеруется меньшим числом, чем ее конец). Если нумерация является правильной (монотонной), то для определения параметров сетевой модели достаточно одной итерации, что обуславливает эффективность соответствующих вычислительных процедур для крупных проектов. Считая, что нумерация начинается с 1, укажите правильные номера следующих событий: 4, 9, 11.

- a) 5, 8, 11;
- b) 4, 9, 11;
- c) 5, 9, 10

Ответ: c)

30. При планировании заданий, включающих задачи, между которыми имеются зависимости, используется модель в виде бесконтурного графа, в котором каждая вершина представляет собой задачу, а дуга отражает приоритет между соответствующими задачами (дуга проводится от вершины с меньшим приоритетом к вершине с большим приоритетом). Вершинам приписываются вычислительные стоимости, а дугам – коммуникационные стоимости. Важнейшей проблемой при планировании таких заданий является нахождение компромисса между использованием максимального параллелизма задач в задании

и минимизации коммуникационных задержек. Одним из эффективных способов уменьшения коммуникационной задержки является использование алгоритмов кластеризации, которые позволяют выделить маркированные группы взаимосвязанных задач для дальнейшего их назначения некоторым ресурсам. Для формирования таких групп можно использовать алгоритм линейной кластеризации Кима и Брауна (КВ/Л), в соответствии с которым на каждой итерации выбирается путь с максимальным значением стоимостной функции из всех путей, которые соединяют вершины верхнего уровня с вершинами нижнего уровня в разложении графа на уровни. Стоимостная функция имеет вид

$$C(p) = 0.5 \cdot \sum \tau_i + 0.25 \cdot \sum c_{ij} + 0.25 \cdot \sum c_{ij}^*$$

где  $p$  – некоторый путь,  $\sum \tau_i$  – суммарная вычислительная стоимость вершин пути;  $\sum c_{ij}$  – суммарная коммуникационная стоимость дуг пути;  $\sum c_{ij}^*$  – суммарная коммуникационная стоимость дуг между вершинами пути и смежными с ними вершинами, которые не входят в рассматриваемый путь.

Все вершины найденного пути объединяются в кластер и удаляются из графа. Шаги алгоритма повторяются до тех пор, пока граф не пуст.

На рисунке представлен граф некоторого задания, которое включает 7 задач (вершины соответствуют задачам, для каждой указан вес – вычислительная стоимость; вес каждой дуги – коммуникационная стоимость). Укажите вариант, соответствующий классам задач, полученных в результате использования алгоритма КВ/Л.

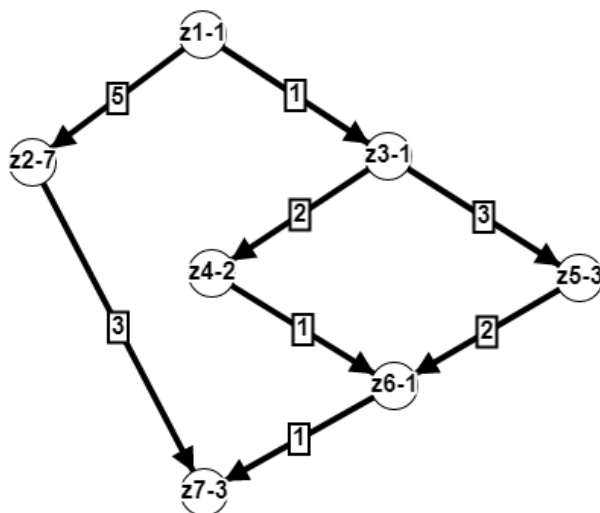


Рисунок 1

- a)  $\{z_3, z_5, z_6\}, \{z_4\}, \{z_1, z_2, z_7\}$ ;
- b)  $\{z_1, z_2, z_3\}, \{z_4, z_5\}, \{z_6, z_7\}$ ;
- c)  $\{z_1, z_3, z_4\}, \{z_5, z_6, z_7\}, \{z_2\}$

Ответ: a)

31. Крупный интернет-магазин ювелирных изделий SerenaGold для привлечения и удержания клиентов принял решение внедрить рекомендательную систему в своей системе электронного бизнеса. Рекомендации товаров и услуг, построенные на основе закономерностей в покупках клиентов, обладают огромной убеждающей силой. Сегментация клиентской базы позволит компании проводить более гибкую маркетинговую политику. Профиль пользователя – это структура, выражающая предпочтения пользователя или группы пользователей на основе примеров. Если созданы профили пользователей, то в момент обращения какого-то клиента система подбирает похожие профили и, учитывая степень схожести, составляет рекомендации для клиента. Пусть создается профиль сег-

мента VIP-клиентов интернет-магазина SerenaGold на основе предложений от «Бриллиантов Якутии», и построен граф предпочтений, представленный на рисунке.

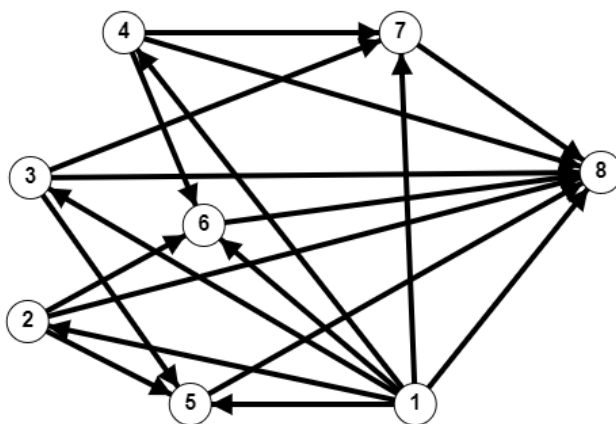


Рисунок 1 – Граф предпочтений сегмента VIP-клиентов интернет-магазина SerenaGold

Вершины соответствуют предложениям, причем если предложение  $i$  пользуется большим спросом, чем предложение  $j$ , то от  $i$  к  $j$  ведет дуга. Выберите правильную последовательность предложений от «Бриллиантов Якутии», упорядоченную по убыванию предпочтительности:

- a)  $\{1, 2, 5\} \succ \{3, 4\} \succ \{6, 7\} \succ \{8\}$ ;
- b)  $\{1, 2, 3, 4\} \succ \{5, 6, 7, 8\}$ ;
- c)  $\{1\} \succ \{2, 3, 4\} \succ \{5, 6, 7\} \succ \{8\}$ ;
- d)  $\{1, 3\} \succ \{2\} \succ \{4, 5, 6, 7\} \succ \{8\}$ .

Решение. Так как граф предпочтений должен быть транзитивным, а, следовательно, бесконтурным, то для его упорядочения применим процедуру разложения на уровни. Для этого воспользуемся, например, методом вычеркивания дуг: на первом уровне располагаем вершины без входящих дуг – эти вершины считаем просмотренными. Затем удаляем из графа просмотренные вершины. В полученном подграфе ищем вершины без входящих дуг и располагаем их на следующем уровне и так действуем до тех пор, пока все вершины не будут распределены по уровням (рис. 2).

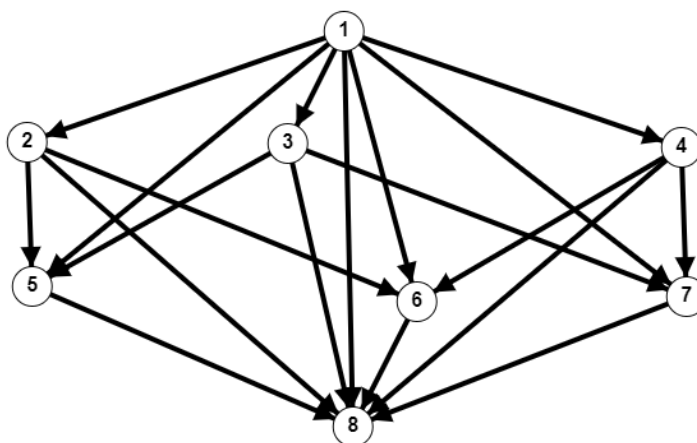


Рисунок 2 – Граф разложен на уровни

На основе графа построим упорядочение  $\{1\} \succ \{2, 3, 4\} \succ \{5, 6, 7\} \succ \{8\}$ .

Ответ: c)

32. Пусть для оценки вычислительные модулей системы выбраны показатели: количество процессоров в модуле (КПМ); количество потоков, по которым в процессоре происходит передача информации (КПП); объем оперативной памяти модуля (ООП); наличие ускорителя универсальных вычислений (УВ), и на основе экспертного опроса представителей заказчика сформирована матрица парных сравнений следующего вида:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 2 & 2 \\ 2 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 2 & 1 \end{pmatrix}.$$

Если получена матрица парных сравнений, то для получения весовых коэффициентов можно использовать итерационный метод нахождения собственного вектора, отвечающего максимальному собственному числу. С помощью данного метода найден вектор весовых коэффициентов

$$W = (0.282, 0.294, 0.193, 0.231).$$

Выберите подходящее упорядочение показателей технических характеристик модулей вычислительной системы от наиболее значимого до наименее значимого.

- a) КПП > КПМ > УВ > ООП;
- b) УВ > КПП > ООП > КПМ;
- c) ООП > УВ > КПМ > КПП.

Ответ: a)

### Вопросы с кратким текстовым ответом

Критерий оценивания	Шкала оценок
Верный ответ	2 балла
Неверный ответ	0 баллов

34. IT-компания получила заказ на разработку информационной системы для симуляции механических повреждений. Исходной информацией является комплекс работ по реализации проекта, при этом для каждой работы заданы продолжительность и список работ, которые ей непосредственно предшествуют. На рисунке представлена сетевая модель проекта, предложенная одним из разработчиков. Все вершины-события пронумерованы, каждой дуге соответствует работа заданной продолжительности. Более светлым цветом выделены фиктивные дуги-работы, которые используются для связи между некоторыми вершинами. При анализе предложенной модели были выявлены ошибки.

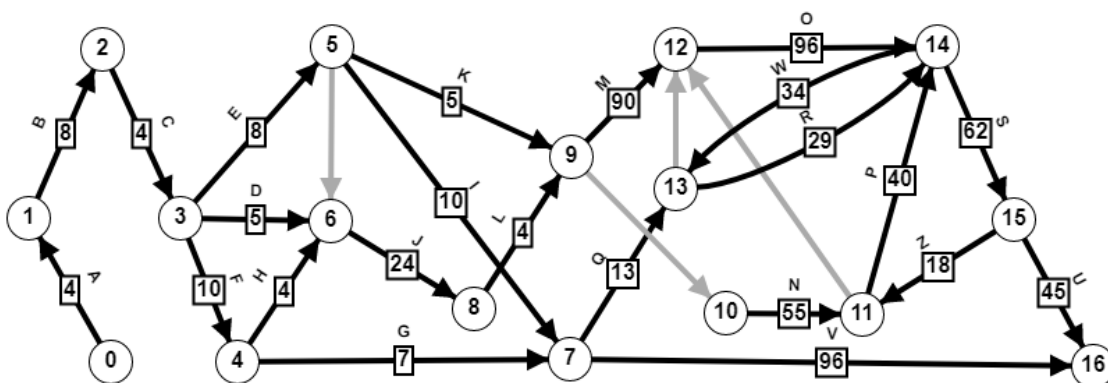


Рисунок – Предложенный вариант сетевой модели проекта

Выберите, какие правила построения сетевой модели из перечисленных ниже нарушены:

- a) сетевой график имеет одно исходное и одно завершающее события;

- b) в сетевом графике не должно быть петель, висячих вершин, контуров (их наличие свидетельствует об ошибке);
- c) если возникает необходимость соединить две вершины двумя или более дугами, то одну из дуг оставляют, затем вводят фиктивное событие, и другой дугой соединяют начальную вершину с фиктивной, а затем соединяют фиктивной дугой фиктивную вершину с конечной вершиной;
- d) каждая вершина имеет правильный номер (в этом случае для каждой дуги номер начала меньше номера конца);
- e) каждой фиктивной работе присваивается продолжительность, равная 0.

Ответ: c, d, e

35. В результате собеседования с представителями НИИ НаноТех было установлено, что вычислительная система должна учитывать ряд требований и особенностей проводимых вычислений:

- 1) используется в организации для решения научных задач и ориентирована на определенные виды обработки информации: матричные вычисления, решение алгебраических, дифференциальных и интегральных уравнений и другие расчеты.
- 2) для повышения оперативности взаимодействия вычислителей-процессоров необходимо использование общей оперативной памяти;
- 3) поскольку при организации вычислений возможны конфликтные ситуации, когда несколько процессоров могут обращаться к одним и тем же областям памяти, то необходимо предусмотреть способы решения конфликтных ситуаций;
- 4) предполагается, что помимо параллельных вычислений необходим централизованный орган управления этими вычислениями.

Из перечисленных ниже свойств вычислительных систем выберите подходящие для обеспечения требований

и следующими свойствами вычислительных систем:

- a) специализированная
- b) многопроцессорная
- c) небольшое число процессоров (от 2-4 до 10), для разрешения конфликтных ситуаций необходимы схемы приоритетного обслуживания
- d) централизованная
- e) универсальная
- f) многомашинная
- h) со смешанным управлением.

Ответ: a, b, c, d

36. В таблице представлена исходная информация о проекте, который связан с разработкой базы данных для медицинской страховой компании.

Таблица – Исходная информация о проекте

Работа	Описание	Продолжительность (нед)	Предшествующие работы
A	Анализ требований к БД	2	-
B	Создание ER-диаграммы	4	A
C	Разработка схемы БД	1	B
D	Создание таблиц БД	5	C
E	Заполнение таблиц	2	D
F	Создание триггеров	6	D
G	Проверка корректности заполнения	2	E, F

	таблиц данными		
Н	Создание индексов	3	D
I	Создание пользователей	2	C
J	Создание комментариев к столбцам таблиц	1	D
К	Проверка корректности работы БД	4	G, H, I, J
L	Подготовка проекта к сдаче	1	K

На основе этой информации построена сетевая модель проекта. Каждой дуге соответствует работа, ее вес – продолжительность работы. Заметим, что вершины события имеют правильную нумерацию. 0 – это исходное событие, которое соответствует моменту начала реализации проекта. 10 – завершающее событие.

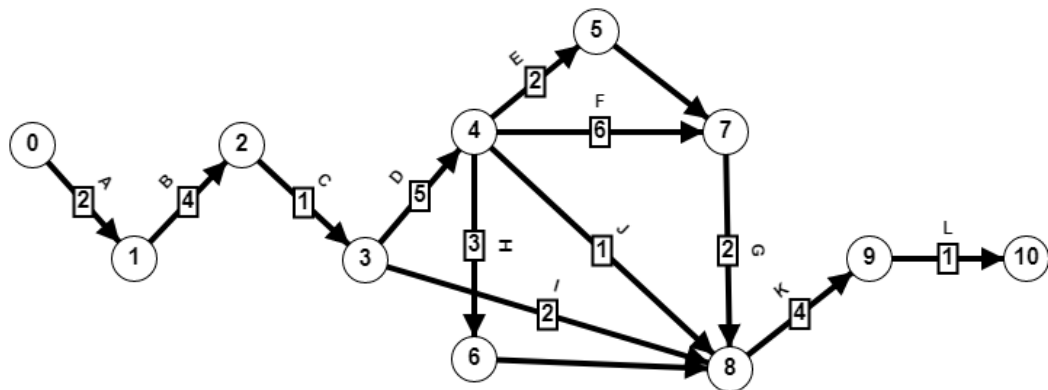


Рисунок – Сетевая модель проекта

Укажите работы, которые в первую очередь необходимо обеспечить ресурсами.

**Решение.** Известно, что время, необходимое для реализации проекта, определяется длиной максимального (критического) пути из исходного события в завершающее. Можно использовать простой вариант подсчета критического времени, основываясь на его интерпретации. Найдем длины все путей из события 0 в событие 10.

№	Путь	Длина пути
1	0 → 1 → 2 → 3 → 4 → 5 → 7 → 8 → 9 → 10	21
2	0 → 1 → 2 → 3 → 4 → 7 → 8 → 9 → 10	25
3	0 → 1 → 2 → 3 → 4 → 8 → 9 → 10	18
4	0 → 1 → 2 → 3 → 4 → 6 → 8 → 9 → 10	20
5	0 → 1 → 2 → 3 → 8 → 9 → 10	14

Из таблицы видно, что путь №2 является максимальным, его длина определяет время, необходимое для реализации проекта.

Работы, принадлежащие критическому пути (критические работы), не имеют резервов времени, поэтому в первую очередь требуют необходимого ресурсного обеспечения.

Ответ: A, B, C, D, F, G, K, L

Задания данного раздела рекомендуются к использованию при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных знаний по результатам освоения дисциплины.