



Федеральное агентство по рыболовству  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»  
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ  
Начальник УРОПС

Фонд оценочных средств  
(приложение к рабочей программе модуля)

**«ТЕОРИЯ ГРАФОВ»**

основной профессиональной образовательной программы магистратуры  
по направлению подготовки

**09.04.01 ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА**

ИНСТИТУТ  
РАЗРАБОТЧИК

цифровых технологий  
кафедра прикладной математики и информационных технологий

## 1 РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции
<p>ОПК-1: Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте</p> <p>ПК-5: Способен выбирать и применять аппарат современной дискретной математики для решения профессиональных задач</p>	<p>ОПК-1.1: Применяет основные теоретико-графовые алгоритмы и графовые модели в профессиональной деятельности</p> <p>ПК-5.1: Владеет аппаратом теории графов для решения задач разработки алгоритмов машинного обучения</p>	<p>Теория графов</p>	<p><u>Знать:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные понятия теории графов; основные теоремы теории графов; основные алгоритмы теории графов; методы и приемы формализации задач, решаемых с использованием графов; алгоритмы решения задач, моделями которых являются графы.</li> </ul> <p><u>Уметь:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- доказывать основные теоремы теории графов; формулировать базовые алгоритмы теории графов; использовать методы и приемы формализации задач, решаемых с использованием графов; описывать и использовать модели задач теории графов; проводить анализ методов решения задач теории графов.</li> </ul> <p><u>Владеть:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками доказательства основных теорем теории графов; навыками построения и анализа алгоритмов решения задач теории графов; навыками использования понятий теории графов для решения прикладных задач; навыком описания структур данных для задания графовых моделей; навыком описания применяемых методов и, при необходимости, описание допущений и ограничений; навыком описания алгоритмов с обоснованием выбора схем алгоритмов решения задач теории графов; навыком описания и обоснования выбора метода организации входных и выходных данных по каждому алгоритму.</li> </ul>

## 2 ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

2.1 К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- тестовые задания открытого и закрытого типов.

2.2 К оценочным средствам для промежуточной аттестации относятся:

- экзаменационные задания по дисциплине, представленные в виде тестовых заданий закрытого и открытого типов.

### 2.3 Критерии оценки результатов освоения дисциплины

Универсальная система оценивания результатов обучения включает в себя системы оценок: 1) «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»; 2) «зачтено», «не зачтено»; 3) 100 – балльную/процентную систему и правило перевода оценок в пятибалльную систему (табл. 2).

Таблица 2 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
<b>1 Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов</b>	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно-корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полной знаний и системным взглядом на изучаемый объект
<b>2 Работа с информацией</b>	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
<b>3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта</b>	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предла-

Система оценок  Критерий	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
				гает новые ракурсы поставленной задачи
<b>4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач</b>	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

### 3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Компетенция ОПК-1: Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте.

Индикатор ОПК-1.1: Применяет основные теоретико - графовые алгоритмы и графовые модели в профессиональной деятельности

#### Тестовые задания открытого типа:

1. Граф содержащий цикл, проходящий по всем ребрам графа и притом только по одному разу называется: \_\_\_\_\_

**Ответ: эйлеровым (эйлеров\*)**

2. Конечный связный граф, не имеющий циклов, с выделенной вершиной (корнем) называется: \_\_\_\_\_

**Ответ: дерево (дерев\*)**

3. Граф содержащий цикл, который проходит через каждую вершину графа ровно по одному разу называется: \_\_\_\_\_

**Ответ: гамильновым (гамильтонов\*)**

4. Среди семи стран установлены экономические отношения, причем каждая страна имеет договоры с каждой другой страной. Число ребер в полученном графе равно \_\_\_\_\_

*Введите число*

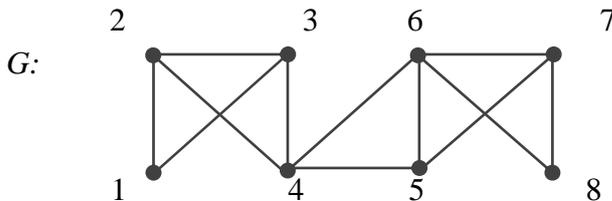
**Ответ:21**

**Тестовые задания открытого типа (на дополнение):**

1. Определить сколько различных гамильтоновых циклов содержит полный граф с 5 вершинами.

**Правильный ответ:**  $\frac{(n-1)!}{2} = 12$ .

2. Для графа, представленного на рисунке,



длина кратчайшего пути из первой вершины в пятую равна:

**Правильный ответ: 3.**

3. P-матрица смежности ориентированного графа, которую возвели в квадрат и получили матрицу P<sup>2</sup>, которая имеет следующий вид:

$$P^2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 1 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 2 & 0 \end{pmatrix}$$

Число маршрутов длины 2 равно:

**Правильный ответ: 10.**

**Тестовые задания открытого типа (с развернутым ответом):**

1. По представленной матрице сильных компонент

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>
X <sub>1</sub>	1	0	0	0	0	0
X <sub>2</sub>	0	1	1	1	0	0
X <sub>3</sub>	0	1	1	1	0	0
X <sub>4</sub>	0	1	1	1	0	0
X <sub>5</sub>	0	0	0	0	1	1
X <sub>6</sub>	0	0	0	0	1	1

определить состав вершин подграфов, образующих сильно связанные компоненты исходного графа.

**Правильный ответ:** {X<sub>1</sub>}, {X<sub>2</sub> X<sub>3</sub> X<sub>4</sub>}, { X<sub>5</sub> X<sub>6</sub> }.

**Развернутый ответ.** Матрица сильных компонент условием:  $F = C * L$ , где операция  $*$  означает поэлементное произведение матриц  $C, L: f_{ij} = c_{ij} * l_{ij}$ . Элемент  $f_{ij}$  матрицы  $F$  равен единицы тогда и только тогда, когда вершины  $x_i$  и  $x_j$  взаимно достижимы. Таким образом, сильная компонента орграфа, содержащая вершину  $x_i$ , состоит из элементов  $x_j$ , для которых  $f_{ij} = 1$ . Исходя из матрицы получаем, что состав вершин таков:  $\{X_1\}, \{X_2 X_3 X_4\}, \{X_5 X_6\}$ .

	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$
$X_1$	1	0	0	0	0	0
$X_2$	0	1	1	1	0	0
$X_3$	0	1	1	1	0	0
$X_4$	0	1	1	1	0	0
$X_5$	0	0	0	0	1	1
$X_6$	0	0	0	0	1	1

Критерии оценивания:

1. Проанализирована матрица сильных компонент: выделены сильные компоненты на основании условия  $f_{ij} = 1$ .
  2. Выделены подграфы.
  3. Записан ответ- $\{X_1\}, \{X_2 X_3 X_4\}, \{X_5 X_6\}$ .
  4. Если ответ не получен /получен неверно, то ответ не засчитывается.
2. Определить число различных деревьев, которое можно получить на трех различных вершинах.

**Правильный ответ: 3**

**Развернутый ответ.** Опираясь на теорему Кэли ( число различных деревьев, которое можно построить на  $n$  различных вершинах, равно  $t_n = n^{n-2}$ ), получаем, что при  $n = 3$ , исходя из условия, число деревьев равно трем.

Критерии оценивания.

1. Использована теорема Кэли.
  2. Записана формула  $t_n = n^{n-2}$ .
  3. Записан ответ-3.
  4. Если ответ не получен /получен неверно, то ответ не засчитывается.
3. Найти отношение числа ребер в графе  $K_4$  к числу ребер в графе  $K_3$ .

**Правильный ответ: 2.**

**Развернутый ответ.** Число ребер может быть определено по формуле:  $K_n = \frac{n(n-1)}{2}$ .

Тогда отношение  $\frac{K_4}{K_3} = 2$ .

Критерии оценивания.

1. Записана формула  $K_n = \frac{n(n-1)}{2}$ .
2. Найдено отношение  $\frac{K_4}{K_3} = 2$ .
3. Записан ответ -2.

Если ответ не получен /получен неверно, то ответ не засчитывается.

**Тестовые задания закрытого типа (с одним вариантом ответа):**

1.  $A, B$  – множества вершин графов  $G_1, G_2$  соответственно, тогда закон поглощения относительно вершин имеет вид:

1.  $A \cup (A \cap B) = A \cap B$

2.  $A \cup (A \cap B) = A$

3.  $A \cap (A \cup B) = A \cup B$

4.  $A \cup B$

2. :  $A = \{1,2\}$  и  $B = \{3,4\}$  – множества вершин графов  $G_1, G_2$  соответственно, тогда декартово произведение  $A \times B$  относительно вершин равно:

1.  $A \times B = \{(1,3), (1,4), (2,3), (2,4)\}$

2.  $A \times B = \{(1,3), (1,4), (2,2), (2,4)\}$

3.  $A \times B = \{(2,3), (4,1), (2,3), (2,4)\}$

4.  $A \times B = \{(1,3), (1,4), (2,3), (4,4)\}$

3.  $A = \{1,2\}$  и  $B = \{3,4\}$  – множества вершин графов  $G_1, G_2$  соответственно, тогда  $A \cup B$  будет определено:

1.  $A \cup B = \{1, 2, 3, 4\}$

2.  $A \cup B = \{\emptyset\}$

3.  $A \cup B = \{1\}$

4.  $A \cup B = \{2,3,4\}$

4.  $A, B$  – множества вершин графов  $G_1, G_2$  соответственно. Из предложенных тождеств выбрать верное:

1.  $A \cap B = \overline{(A \cup B)}$

2.  $A \cap B = \overline{(A \cup B)}$

3.  $A \cap B = \overline{(A \cup \overline{B})}$

4.  $A \cap B = \overline{(A \cup B)}$

**Тестовые задания закрытого типа (на последовательность и соответствие):**

1. Используя определения метрических характеристик графа:

A)  $\max e(x)_{x \in S}$ ,

B)  $\max d(x, y)_{y \in S}$ ,

C)  $\min e(x)_{x \in S}$ ,

расположите их в следующем порядке: 1) эксцентриситет вершины, 2) радиус графа, 3) диаметр графа.

**Правильный ответ: 1)-B; 2)-C; 3)-A.**

2. Даны следующие матрицы, описывающие характеристики графа:

$$A = \begin{matrix} & u_1 & u_2 & u_3 & u_4 \\ x_1 & +1 & 0 & +1 & -1 \\ x_2 & 0 & +1 & -1 & +1 \end{matrix}, \quad B = \begin{matrix} & x_1 & x_2 & x_3 \\ x_1 & 0 & 0 & 0 \\ x_2 & 1 & 0 & 0 \\ x_3 & 1 & 1 & 0 \end{matrix}, \quad C = \begin{matrix} & x_1 & x_2 & x_3 & x_4 \\ x_1 & 0 & 10 & \infty & 6 \\ x_2 & \infty & 0 & 22 & 8 \\ x_3 & \infty & \infty & 0 & 3 \\ x_4 & \infty & \infty & \infty & 0 \end{matrix}.$$

Используя понятия матриц смежности, инцидентности, матрицы весов, расположите их в следующем порядке: 1) матрица весов, 2) матрица смежности, 3) матрица инцидентности.

**Правильный ответ: 1)-С; 2)-В; 3)-А.**

3. Исходя из матрицы смежности, возведенной в третью степень,

$$A_G^3 = \begin{matrix} & x_1 & x_2 & x_3 & x_4 \\ x_1 & 1 & 0 & 1 & 2 \\ x_2 & 3 & 1 & 2 & 3 \\ x_3 & 1 & 2 & 0 & 1 \\ x_4 & 2 & 3 & 0 & 1 \end{matrix}$$

можно сделать некоторые следующие выводы:

- А) число маршрутов (2,1) длины 3 равно ...;
- В) число маршрутов (3,2) длины 3 равно ...;
- С) число маршрутов (1,3) длины 3 равно....

Расположите длины маршрутов в порядке возрастания.

**Правильный ответ: 1)-С; 2)-В; 3)-А.**

4. Исходя из матрицы инцидентности, определить число дуг, исходящих из каждой вершины соответственно.

$$R = \begin{matrix} & u_1 & u_2 & u_3 & u_4 & u_5 & u_6 & u_7 & u_8 & u_9 & u_{10} \\ x_1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ x_2 & -1 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ x_3 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ x_4 & 0 & 0 & -1 & 1 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ x_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & 1 & -1 \\ x_6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & -1 \end{matrix}$$

**Правильный ответ: 1)-2; 2)-1; 3)-1; 4)-2; 5)-1; 6)-0.**

5. Дана матрица инцидентности, требуется поставить в соответствие число дуг, исходящих из четвертой (1), пятой (2) и шестой (3) вершин соответственно.

6.

$$R = \begin{matrix} & \begin{matrix} x_1 & x_2 & x_3 & x_4 & x_5 & x_6 & x_7 & x_8 & x_9 & x_{10} \end{matrix} \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & -1 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

**Правильный ответ: 1)-2; 2)-1; 3)-0.**

6. Неориентированный граф задан матрицей расстояний

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} x_1 & x_2 & x_3 & x_4 & x_5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0 & 1 & 3 & 1 & 2 \\ 1 & 0 & 2 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 2 & 0 & 1 \\ 2 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

Тогда:

- А) эксцентриситет первой вершины равен...;
- В) эксцентриситет второй вершины равен...;
- С) эксцентриситет третьей вершины равен....

Расположите эксцентриситеты первой, второй, третьей вершины в порядке возрастания.

**Правильный ответ: 1)-1; 2)-2; 3)-3.**

ПК-5: Способен выбирать и применять аппарат современной дискретной математики для решения профессиональных задач

ПК-5.1: Владеет аппаратом теории графов для решения задач разработки алгоритмов машинного обучения

**Тестовые задания открытого типа:**

1. Полный граф с 5 вершинами содержит различных гамильтоновых циклов: \_\_\_\_\_

**Ответ:12**

2. Граф содержит 7 дуг. Его эйлеров цикл будет содержать число дуг: \_\_\_\_\_

**Ответ:7**

3. Мощность замкнутого теоретико-множественного алфавита, порожденного шестиэлементным универсумом равна: \_\_\_\_\_

**Ответ:64**

4. Можно ли модель цифрового объекта представить ориентированным графом (да \ нет)?

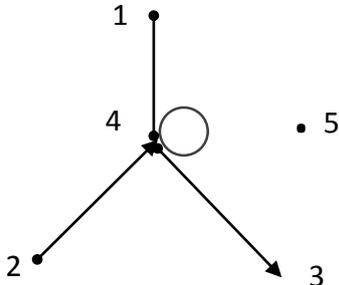
**Ответ: да**

5. Число вершин в связном графе G (дерево), содержащим 9 ребер, равно: \_\_\_\_\_

**Ответ:10**

**Тестовые задания открытого типа (на дополнение):**

1. Для графа, заданного на рисунке, степень (валентность) вершины 4 равна:

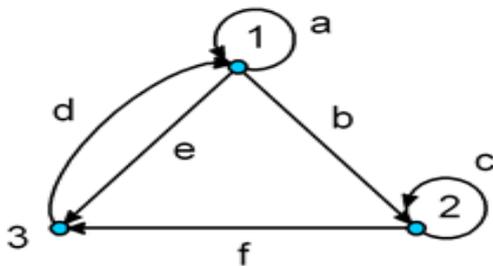


**Правильный ответ: 5.**

2. Гамильтоновский граф – это \_\_\_\_\_

**Правильный ответ: граф содержащий цикл, который проходит через каждую вершину графа ровно по одному разу называется.**

3. Полустепенями исхода и захода для вершины 2 являются числа (обозначение: полустепень исхода -  $deg^+$ , полустепень захода –  $deg^-$ ) для представленного на рисунке:



**Правильный ответ:  $deg^+(2)=1, deg^-(2)=2$**

**Тестовые задания открытого типа (с развернутым ответом):**

1. Определить число неизоморфных корневых бинарных деревьев, имеющих три вершины.

**Правильный ответ: 5.**

**Развернутый ответ.** Число неизоморфных корневых бинарных деревьев с n вершинами

равно числу Каталана  $C_n = I_n = \frac{1}{n+1} \frac{(2n)!}{n!n!} = \frac{1}{3+1} \frac{(6)!}{3!3!} = 5.$

*Критерии оценивания.*

1. Применено число Каталана.
2. Записана формула  $I_n = \frac{1}{n+1} \frac{(2n)!}{n!n!}.$
3. Записан ответ-5.
4. Если ответ не получен /получен неверно, то ответ не засчитывается.

2. Сколько в полном 3-арном дереве высоты 4 имеется листьев, вершин.

**Правильный ответ: 81; 121.**

**Развернутый ответ.** Полное  $m$ -арное ориентированное дерево высоты  $h$  имеет  $\frac{m^{h+1}-1}{m-1}$  вершин и  $m^h$  листьев. В частности, полное бинарное ориентированное дерево высоты  $h$  имеет  $2^{h+1} - 1$  вершин и  $2^h$  листьев. При условии, что  $m = 3, h = 4$ , получаем искомые ответы: число листьев-81, число вершин- 121.

*Критерии оценивания.*

1. Использовано определение  $m$ -арного ориентированного дерева высоты  $h$ .

2. Записаны формулы:  $\frac{m^{h+1}-1}{m-1}, m^h$ .

3. Записан ответ-81;121.

4. Если ответ не получен /получен неверно, то ответ не засчитывается.

3. Дан связный планарный граф, в который имеет 10 вершин и 14 ребер. Определить в данном графе число граней планарного графа.

**Правильный ответ: 6.**

**Развернутый ответ.** Согласно теореме Эйлера (для всякого связного планарного графа верно равенство  $n - m + f = 2$ , где  $n$ -число вершин,  $m$ -число ребер,  $f$ - грани планарного графа), получаем с учетом условия  $n = 10, m = 14, f = 6$ .

*Критерии оценивания.*

1. Использована теорема Эйлера.

2. Записана формула  $n - m + f = 2$ .

3. Записан ответ-6.

4. Если ответ не получен /получен неверно, то ответ не засчитывается.

**Тестовые задания закрытого типа (с одним вариантом ответа):**

1. Дана матрица бинарного отношения  $\|R_2\| = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$ .

Данное отношение обладает свойством:

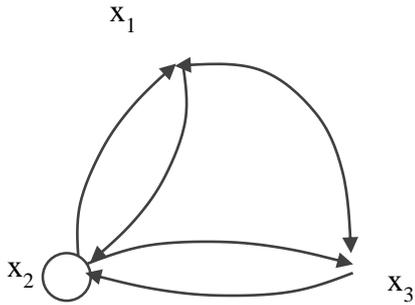
1. рефлексивность

**2. симметричность**

3. транзитивность

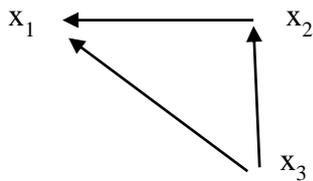
4. антисимметричность

2. Какими свойствами обладает отношение, заданное графом (рефлексивность, симметричность, транзитивность):



1. обладает рефлексивностью, симметричностью, транзитивностью
- 2. не обладает рефлексивностью, обладает симметричностью, не обладает транзитивностью**
3. не обладает рефлексивностью, симметричностью, транзитивностью
4. обладает рефлексивностью, не обладает симметричностью, транзитивностью

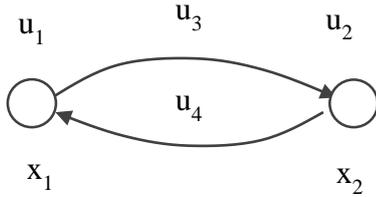
3. Дан ориентированный граф



Тогда матрица смежности будет иметь вид:

1.  $A = \begin{matrix} & \begin{matrix} x_1 & x_2 & x_3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} \end{matrix}$
2.  $A = \begin{matrix} & \begin{matrix} x_1 & x_2 & x_3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \end{matrix}$
3.  $A = \begin{matrix} & \begin{matrix} x_1 & x_2 & x_3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \end{matrix}$
4.  $A = \begin{matrix} & \begin{matrix} x_1 & x_2 & x_3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \end{matrix}$

4. Для ориентированного графа, показанного на рисунке, матрица инцидентности имеет вид:



1.  $x_1 \begin{pmatrix} +1 & 0 & +1 & -1 \\ 0 & +1 & -1 & +1 \end{pmatrix}$
2.  $x_1 \begin{pmatrix} +1 & +1 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & +1 & +1 \end{pmatrix}$
3.  $x_1 \begin{pmatrix} +1 & -1 & +1 & 0 \\ -1 & +1 & 0 & +1 \end{pmatrix}$
4.  $x_1 \begin{pmatrix} +1 & -1 & +1 & -1 \\ -1 & +1 & 0 & +1 \end{pmatrix}$

**Тестовые задания закрытого типа (на соответствие и последовательность):**

1. Три неориентированные графа (A, B, C) заданы матрицами расстояний соответственно:

$$A = \begin{matrix} & x_1 & x_2 & x_3 & x_4 & x_5 \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0 & 1 & 3 & 1 & 2 \\ 1 & 0 & 2 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 2 & 0 & 1 \\ 2 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} & , & B = \begin{matrix} & x_1 & x_2 & x_3 & x_4 & x_5 \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0 & 1 & 3 & 1 & 5 \\ 1 & 0 & 2 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 2 & 0 & 1 \\ 2 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} & , & C = \begin{matrix} & x_1 & x_2 & x_3 & x_4 & x_5 \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0 & 1 & 3 & 1 & 2 \\ 1 & 0 & 2 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 4 & 1 \\ 1 & 1 & 2 & 0 & 1 \\ 2 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} \end{matrix}.$$

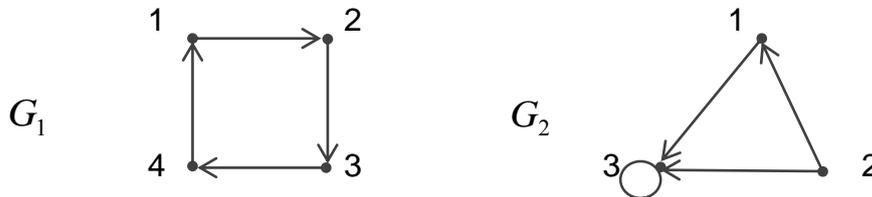
Тогда:

- А) диаметр графа А равен...;
- В) диаметр графа В равен ...;
- С) диаметр графа С равен ... .

Расположите диаметры первого, второго, третьего графов в порядке убывания.

**Правильный ответ: 1)-5; 2)-4; 3)-3.**

2. На рисунке даны графы  $G_1$  и  $G_2$ .



На рисунках 1-3 показаны операции на графах: объединение, пересечения, сложение по модулю два. Поставьте в соответствие с рисунком данные операции.

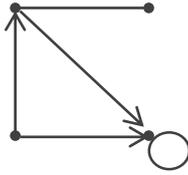


Рис1.

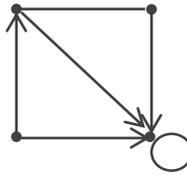


Рис2.

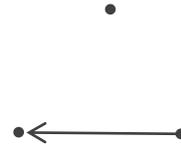
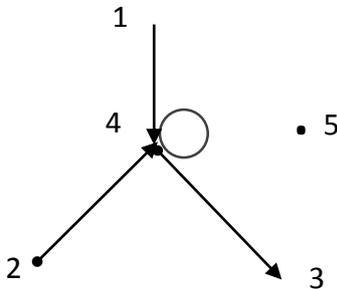


Рис3.

- 1) Операция  $G_1 \cup G_2$  изображена на рисунке...;
- 2) Операция  $G_1 \cap G_2$  изображена на рисунке...;
- 3) Операция  $G_1 \oplus G_2$  изображена на рисунке....

**Правильный ответ: 1)-2; 2)-3; 3)-1.**

3. Для графа, заданного на рисунке, степень (валентность) вершин 2, 4, 5 соответственно равны:



**Правильный ответ: 1)-1; 2)-5; 3)-0.**

4. Найти отношение числа ребер в графе  $K_4$  к числу ребер в графе  $K_3$ .

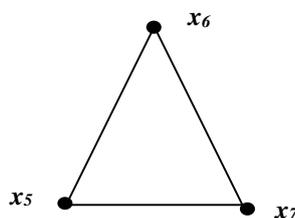
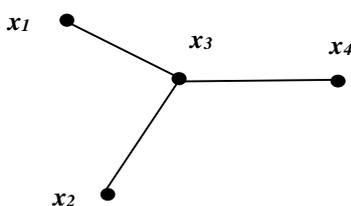
**Правильный ответ: 2.**

**Развернутый ответ.** Число ребер может быть определено по формуле:  $K_n = \frac{n(n-1)}{2}$ . Тогда отношение  $\frac{K_4}{K_3} = 2$ .

*Критерии оценивания.*

1. Записана формула  $K_n = \frac{n(n-1)}{2}$ .
2. Найдено отношение  $\frac{K_4}{K_3} = 2$ .
3. Записан ответ -2.
4. Если ответ не получен /получен неверно, то ответ не засчитывается.

5. Для графа, изображенного на рисунке, найти (оценить) условие, которому отвечает число ребер.



**Правильный ответ: [5; 15].**

Развернутый ответ. Пусть  $G = (S, U)$  является  $n$ -вершинным неориентированным графом с  $k$ -компонентами связности. Тогда число ребер в таком графе  $m(G)$  удовлетворяет условию  $n - k \leq m(G) \leq C_{n-k+1}^2$ , причем обе эти оценки достижимы. По условию задачи  $n = 7$ ,  $m(G) = 6$ ,  $k = 2$ . Тогда  $m(G)_1 = n - k = 5$ ,  $m(G)_2 = C_{n-k+1}^2 = 15$ . Таким образом получаем, что  $[m(G)_1 = 5; m(G)_2 = 15]$ .

*Критерии оценивания.*

1. *Использованы понятия неориентированного графа. Эйлера.*
2. *Записана формула  $n - k \leq m(G) \leq C_{n-k+1}^2$ .*
3. *Записан ответ  $[m(G)_1 = 5; m(G)_2 = 15]$ .*
4. *Если ответ не получен /получен неверно, то ответ не засчитывается.*

6. В данной весовой матрице найти отношение максимального веса значения к минимальному значению. Ответ запишите в виде обыкновенной дроби.

$$\begin{pmatrix} - & 5 & 10 & 13 & \infty & \infty \\ \infty & - & 8 & 9 & 13 & \infty \\ \infty & \infty & - & 5 & 3 & 6 \\ \infty & \infty & \infty & - & 8 & 10 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & - & 9 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & - \end{pmatrix}$$

**Правильный ответ: 13/3.**

#### 4 ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ, КУРСОВУЮ РАБОТУ/КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Данный вид контроля по дисциплине не предусмотрен учебным планом.

## 5 СВЕДЕНИЯ О ФОНДЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И ЕГО СОГЛАСОВАНИИ

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине «Теория графов» представляет собой компонент основной профессиональной образовательной программы магистратуры по направлению подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника.

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании методической комиссии института цифровых технологий (протокол № 2 от 26.04.2022 г.).

Фонд оценочных средств актуализирован. Изменения, дополнения рассмотрены и одобрены на заседании методической комиссии института цифровых технологий (протокол № 3 от 24.03.2023 г.).

Директор института



А.Б. Тристанов