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

УТВЕРЖДАЮ
Начальник УРОПСП

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
ФГБОУ ВО «КГТУ»
СВЕДЕНИЯ О СЕРТИФИКАТЕ ЭП
Сертификат:
01ff058c007bae2c8149e7712c28ce8469
Владелец: Мельникова Виктория Александровна
Действителен: с 18.04.2022 по 18.04.2023

Фонд оценочных средств
(приложение к рабочей программе модуля)

«МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ»

основной профессиональной образовательной программы специалитета
по направлению подготовки

10.05.03 ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ
Специализация
«БЕЗОПАСНОСТЬ ОТКРЫТЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ»

ИНСТИТУТ цифровых технологий

РАЗРАБОТЧИК кафедра информационной безопасности

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
ОПК-3: Способен использовать математические методы, необходимые для решения задач профессиональной деятельности.	ОПК-3.6: Знает основные понятия и методы теории графов и умеет строить и анализировать математические модели явлений и процессов для решения прикладных профессиональных задач; ОПК-3.7: Обладает способностью анализировать физические явления и процессы, применять соответствующий математический аппарат для формализации и решения профессиональных задач; ОПК-3.8: Обладает способностью применять при решении профессиональных задач соответствующий математический аппарат геометрии, теории вероятностей, математической статистики.	Математические модели в информационной безопасности	*Знать:* основные понятия и методы теории графов; математические методы, необходимые для построения и анализа математических моделей при решении профессиональных прикладных задач. *Уметь*: строить и анализировать математические модели явлений и процессов; применять соответствующий математический аппарат для формализации и решения профессиональных задач. *Владеть:* элементами математического аппарата, позволяющими осуществлять формализацию и анализ предметной области, делать вычисления в предметной области.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОЭТАПНОГО ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ) И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2.1 Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства текущего контроля успеваемости;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

2.2 К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- тестовые задания;
- задания по практическим работам;
- задания по расчетно-графической работе.

2.3 К оценочным средствам для промежуточной аттестации по дисциплине, проводимой в форме дифференцированного зачета и экзамена, относятся:

- промежуточная аттестация в форме дифференцированного зачета проходит по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости;
- экзаменационные вопросы.

3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

3.1 Тестовые задания предназначены для оценки в рамках текущего контроля успеваемости знаний, приобретенных студентами на лекционных и практических занятиях и для измерения соответствующих индикаторов достижения компетенции.

Содержание теста определяется в соответствии с содержанием дисциплины пропорционально учебному времени, отведенному на изучение разделов, перечисленных в рабочей программе модуля.

Время выполнения теста 70 мин.

Типовые варианты тестовых заданий приведены в Приложении №1, ключи к ним – в Приложении № 5.

3.2 Шкала оценивания тестовых заданий основана на четырехбалльной системе.

Оценка			
Неудовлетворительный	Пороговый	Углубленный	Продвинутый
«2» (неудовлетворительно)	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Менее 50% правильных ответов.	50-70% правильных ответов.	71-90% правильных ответов.	91-100% правильных ответов.

Результаты измерений индикатора считаются положительными при правильном выполнении не менее 50% заданий.

3.3 Темы и образцы заданий для практических занятий приведены в Приложении №2.

3.4 Шкала оценивания результатов выполнения заданий основана на четырехбальной системе.

Оценка			
Неудовлетворительный	Пороговый	Углубленный	Продвинутый
«2» (неудовлетворительно)	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)

Не может ответить на вопросы по пройденному материалу или графически изобразить на доске.	Отвечает сбивчиво, путается в определениях и обозначениях, нуждается в помощи других обучающихся.	Допускает незначительные ошибки при изложении пройденного материала, не полностью представляет связи между разделами изучаемой дисциплины.	Четко отвечает на вопросы, может точно изобразить графическую часть пройденного материала, увязывает последовательность изученных разделов дисциплины.

Результаты измерений индикатора считаются положительными при положительной оценке за выполнение задания.

3.5. Задания по расчетно-графической работе приведены в Приложении № 3.

3.6 Шкала оценивания результатов выполнения РГР основана на четырехбальной системе.

Оценка			
Неудовлетворительный	Пороговый	Углубленный	Продвинутый
«2» (неудовлетворительно)	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Не может ответить на вопросы по пройденному материалу или графически изобразить на доске.	Отвечает сбивчиво, путается в определениях и обозначениях, нуждается в помощи других обучающихся.	Допускает незначительные ошибки при изложении пройденного материала, не полностью представляет связи между разделами изучаемой дисциплины.	Четко отвечает на вопросы, может точно изобразить графическую часть пройденного материала, увязывает последовательность изученных разделов дисциплины.

4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета (5 семестр), экзамена (6 семестр). Промежуточная аттестация проходит по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости. Типовые вопросы к экзамену приведены в Приложении №4.

Шкала оценок уровня освоения дисциплины по экзамену.

Оценка			
Неудовлетворительный	Пороговый	Углубленный	Продвинутый
«2» (неудовлетворительно)	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, с большими затруднениями выполняет практические задания, задачи.	Усвоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении программного материала и испытывает затруднения в выполнении практических заданий.	Твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, может правильно применять теоретические положения и владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических заданий.	Глубоко и прочно усвоил весь программный материал, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его изложил, не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами и практическими заданиями, правильно обосновывает принятые решения, умеет самостоятельно обобщать и излагать материал, не допуская ошибок.

5. СВЕДЕНИЯ О ФОНДЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И ЕГО СОГЛАСОВАНИИ

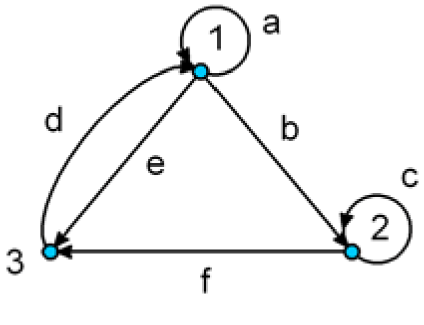
Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине «Математические модели в информационной безопасности» представляет собой компонент основной профессиональной образовательной программы специалитета по специальности 10.05.03 Информационная безопасность автоматизированных систем (специализация «Безопасность открытых информационных систем»).

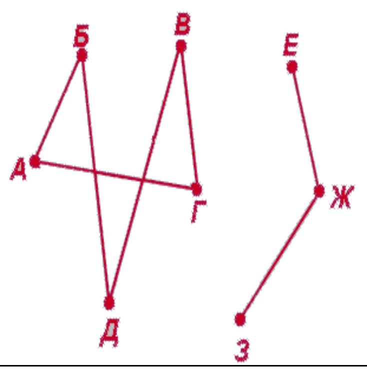
Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании кафедры информационной безопасности 20.04.2022 г. (протокол № 7).

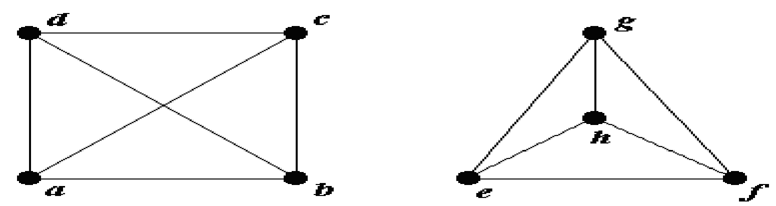
Заведующий кафедрой Н.Я. Великите

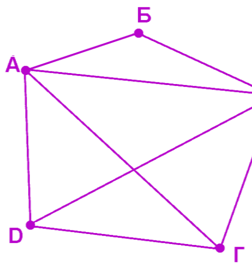
Приложение № 1

ТИПОВЫЕ ВАРИАНТЫ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ (семестр 5)

	ВАРИАНТ 1
1.	Граф – это: 1. пара двух конечных множеств: множество вершин и множество линий, соединяющих некоторые пары вершин 2. пара двух бесконечных множеств: множество вершин и множество линий, соединяющих некоторые пары вершин 3. множество линий, соединяющих все вершины 4. множество линий, соединяющих вершины, разделенные на два непересекающихся подмножества
2.	Линии графа называются: 1. отрезками или лучами 2. ребрами или дугами 3. петлями или векторами 4. отрезками или дугами
3.	Если ребро графа соединяет две его вершины, то это ребро им: 1. параллельно 2. смежно 3. изолировано 4. инцидентно
4.	Если ребро графа соединяет две его вершины, то эти вершины: 1. инцидентны 2. смежны 3. петли 4. изолированы
5.	Эйлеров граф содержит цикл, который проходит: 1. через каждую вершину и через каждое ребро графа не менее одного раза 2. через каждую вершину графа ровно по одному разу 3. по всем ребрам графа и притом только по одному разу 4. по всем ребрам графа не менее одного раза
6.	 Вершины, инцидентные дуге f: 1. 2 2.1, 2, 3 3. 2, 3 4. 1, 3
7.	Гиперграф – это граф: 1. в котором каждым ребром могут соединяться не только две вершины, но и любые подмножества вершин 2. в котором присутствуют петли и параллельные ребра

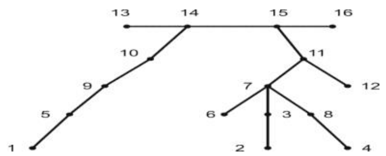
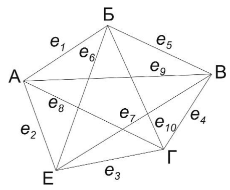
	3. в котором отсутствуют ребра 4. который содержит бесконечное множество ребер и вершин
8.	Степень вершины графа – это количество: 1. ребер этого графа 2. вершин этого графа 3. ребер и вершин этого графа 4. ребер, инцидентных этой вершине
9.	В эйлеровом графе: 1. все вершины четной степени 2. все вершины нечетной степени 3. степень вершин равна количеству петель 4. степень вершин равна количеству исходящих дуг
10.	Какой из циклов графа с множеством вершин {a,b,c,d,e,f} является гамильтоновым? 1. {fbecdf} 2. {abecdfa} 3. {abcdfca} 4. {abacada}
11.	Граф содержит 7 дуг. Его эйлеров цикл будет состоять из: 1. 5 дуг 2. 3 дуг 3. 7 дуг 4. 14 дуг
12.	На рисунке изображен: 1. двудольный граф 2. связный граф 3. несвязный граф 4. мультиграф 
13.	Ориентированный граф $G = (V,A)$ содержит эйлеров цикл тогда и только тогда, когда он: 1. сильно связен, и для каждой вершины графа ее входящая степень равна ее исходящей степени 2. не связен, и для каждой вершины графа ее входящая степень отлична ее исходящей степени 3. сильно связен, и для каждой вершины графа ее входящая степень больше ее исходящей степени 4. слабо связен
14.	Конечный связный граф, не имеющий циклов, с выделенной вершиной (корнем) называется: 1. орграфом 2. деревом 3. пустым 4. листом

15.	В графе из n вершин остов содержит: 1. 2n ребер 2. n ребер 3. n-1 ребро 4. 0 ребер
16.	Упорядоченное объединение деревьев, являющееся несвязным графом, называется: 1. ориентированным графом 2. рощей 3. неориентированным графом 4. лесом
17.	Графы являются:  Граф 1 Граф 2 1. изоморфными 2. неизоморфными 3. орграфами 4. двудольными графами
18.	Последовательность ребер, в которой каждые два соседних ребра имеют общую вершину, и никакое ребро не встречается более одного раза, это: 1. цикл 2. проекция 3. путь 4. петля
19.	После удаления из дерева одной из концевых вершин вместе с инцидентным ей ребром, получится: 1. орграф 2. дерево 3. цепь 4. цикл
20.	Висячие вершины дерева, за исключением корневой, называются: 1. листьями 2. плодами 3. точками 4. корнями
21.	В полном графе с 20 вершинами содержится: 1. 180 ребер 2. 190 ребер 3. 200 ребер 4. 400 ребер
22.	Граф называется (….), если существует такое разбиение его вершин на две части, что концы каждого ребра принадлежат разным частям. 1. хроматическим 2. симметричным 3. двудольным

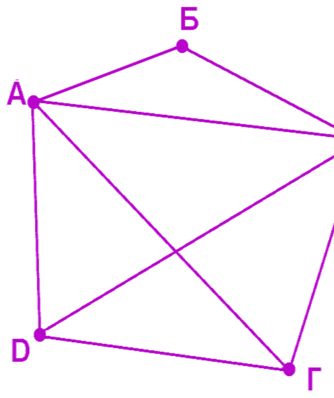
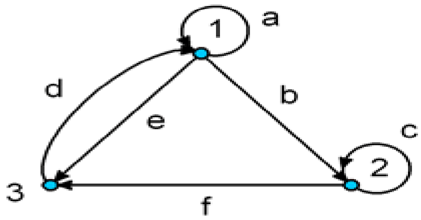
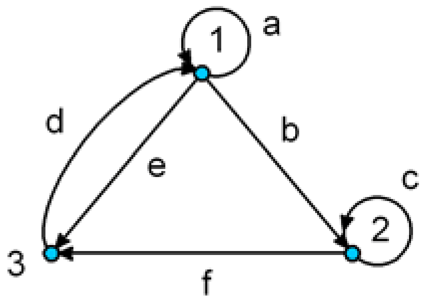
<table>
<tr><td></td><td>4. плоским</td></tr>
<tr><td>23.</td><td>Для того, чтобы конечный связный граф был деревом, необходимо и достаточно, чтобы количество его ребер было:
1. кратным числу его вершин
2. на единицу больше числа его вершин
3. равно числу его вершин
4. на единицу меньше числа его вершин</td></tr>
<tr><td>24.</td><td>Цикломатическое число дерева:
1. равно нулю
2. больше нуля
3. меньше нуля
4. равно количеству его вершин</td></tr>
<tr><td>25.</td><td>Множество вершин графа, такое, что для любых двух вершин из этого множества существует путь из одной в другую и не существует пути из вершины этого множества в вершину другого множества, называется:
1. цикломатическим числом
2. кольцевой суммой
3. компонентой связности
4. хроматическим полиномом</td></tr>
<tr><td>26.</td><td>Правильный способ задания графа:
1. перечисление вершин
2. матричный
3. перечисление ребер
4. перечисление циклов</td></tr>
<tr><td>27.</td><td>Путем являются следующие маршруты:


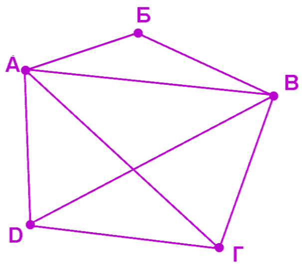
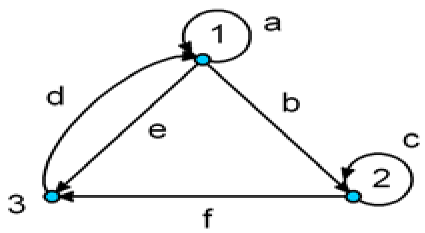
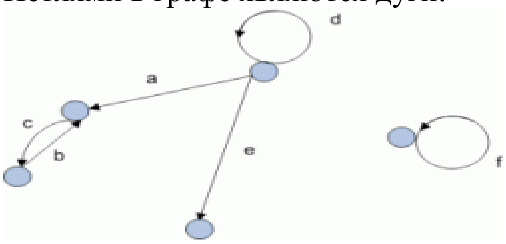
1. АВГВД
2. АВАГ
3. АВДВАБ
4 АБВАД</td></tr>
<tr><td>28.</td><td>В матрице инцидентности для неориентированного графа:
1. bij=-1, если вершина Vi инцидентна ребру Xj
2. bij=0, если вершина Vi инцидентна ребру Xj
3. bij=1, если вершина Vi инцидентна ребру Xj
4. bij=2, если вершина Vi инцидентна ребру Xj</td></tr>
<tr><td>29.</td><td>В матрице инцидентности для орграфа:
1. bij=-1, если вершина Vi является концом дуги Xj
2. bij=0, если вершина Vi является концом дуги Xj
3. bij=1, если вершина Vi является концом дуги Xj
4. bij=2, если вершина Vi является концом дуги Xj</td></tr>
</table>

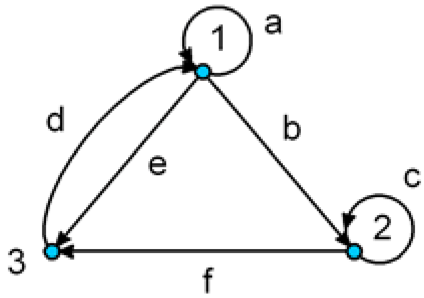
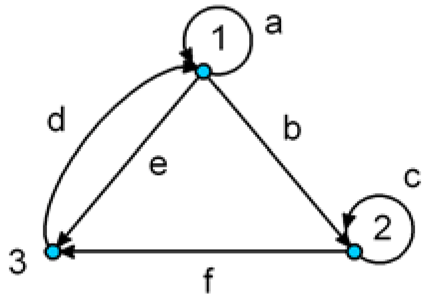
30.	Матрица смежности неориентированного графа: 1. не является симметричной 2. является симметричной 3. графа не является квадратной 4. является единичной
	ВАРИАНТ 2
1.	Матрица смежности неориентированного графа: 1. меняется при транспонировании 2. не меняется при транспонировании 3. не может быть квадратной 4. является нулевой
2.	Если каждому ребру графа поставлено в соответствие некоторое число, граф называется: 1. полным 2. ориентированным 3. взвешенным 4. планарным
3.	Любой подграф связного графа G, содержащий все вершины графа G, и являющийся деревом, называется: 1. остовным 2. хроматическим 3. изолированным 4. несвязным
4.	Если вершине инцидентна петля, то степень этой вершины равна: 1. 0 2. 1 3. -1 4. 2
5.	Вершина графа, имеющая степень, равную нулю, называется: 1. нулевой 2. изолированной 3. висячей 4. пустой
6.	Вершина графа, имеющая степень 1, называется: 1. свободной 2. изолированной 3. висячей 4. единичной
7.	Число планарности графа – это: 1. минимальное число ребер, которое надо удалить для получения плоского изображения 2. максимальное число ребер, которое надо удалить для получения плоского изображения 3. минимальное число ребер, удаление которых разрушает все циклы графа, превращая его в дерево 4. число, равное сумме его вершин и ребер
8.	Граф, изоморфный плоскому графу, называется: 1. хроматическим 2. планарным

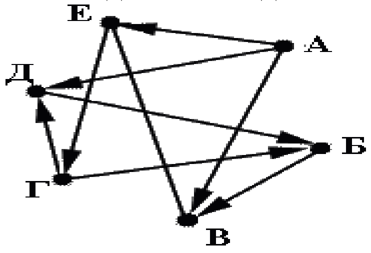
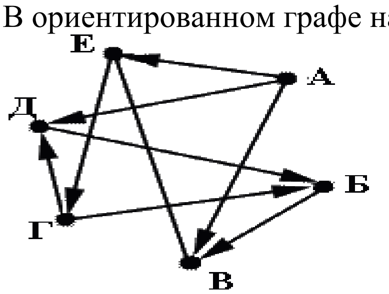
	3. кратным 4. полным
9.	Цикломатическое число полного графа, имеющего 16 ребер и 7 вершин, равно: 1. 16 2. 7 3. 10 4. 23
10.	На рисунке изображен:  1. орграф 2. дерево 3. смешанный граф 4. двудольный граф
11.	На рисунке изображен:  1. орграф 2. дерево 3. смешанный граф 4. непланарный граф
12.	Если полный граф имеет 7 вершин, то количество ребер будет равно: 1. 42 2. 21 3. 7 4. 14
13.	Правильный способ задания графа: 1. перечисление вершин 2. геометрический 3. перечисление ребер 4. перечисление компонент связности
14.	Простая цепь – это маршрут, где: 1. нет повторяющихся вершин 2. нет повторяющихся ребер 3. нет повторяющихся вершин и ребер 4. присутствуют петли
15.	Если две любые вершины графа можно соединить простой цепью, то граф называ-ется: 1. деревом 2. связным 3. остовом 4. неориентированным

16.	У связного плоского двудольного графа с $n \geq 3$ вершинами число ребер m удовлетворяет условию: 1. $m \leq 2n-4$ 2. $m = 2n-4$ 3. $m \geq 2n-4$ 4. $m \leq 2n-3$
17.	У связного плоского графа с $n \geq 3$ вершинами число ребер m удовлетворяет условию: 1. $m \leq 3n$ 2. $m = 3n-6$ 3. $m \geq 3n-6$ 4. $m \leq 3n-6$
18.	Число планарности графа K_5 равно: 1. 0 2. 1 3. 5 4. 10
19.	Количество ребер, которое необходимо убрать из связного графа, имеющего 9 вершин и 11 ребер, чтобы превратить его в дерево: 1. 2 2. 3 3. 9 4. 11
20.	Граф, состоящий из изолированных вершин, называется: 1. нуль-граф 2. гамильтонов граф 3. эйлеров граф 4. плоский граф
21.	Между предприятиями А, Б, В, Г, Д, Е существуют договоренности. А установило договорные отношения со всеми другими предприятиями; Б установило с Г и Д; В установило со всеми предприятиями, кроме предприятия Е. Полученный граф имеет: 1. 5 вершин и 10 ребер 2. 6 вершин и 12 ребер 3. 6 вершин и 11 ребер 4. 7 вершин и 14 ребер
22.	Если среди семи стран установлены экономические отношения, причем каждая страна имеет договоры с каждой другой страной, то полученный граф имеет: 1. 49 ребер 2. 36 ребер 3. 28 ребер 4. 21 ребро
23.	Чтобы достроить граф, изображенный на рисунке, до полного, нужно добавить:

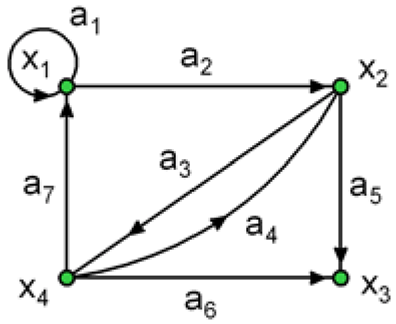
	 1. 1 ребро 2. 2 ребра 3. 4 ребра 4. 0 ребер
24.	 На рисунке изображен: 1. орграф **2.** граф **3.** смешанный граф 4. гиперграф
25.	Гамильтоновым является граф, содержащий цикл: 1. который проходит через каждую вершину и через каждое ребро графа не менее одного раза 2. который проходит через каждую вершину графа ровно по одному разу 3. проходящий по всем ребрам графа и притом только по одному разу 4 который проходит через каждую вершину графа не менее одного раза
26.	 Вершины, инцидентные дуге d: 1. 1, 3 2. 1, 2, 3 3. 2 4. 1,2
27.	Если граф не имеет петель, то на главной диагонали его матрицы смежностей стоят: 1. минус единицы 2. единицы 3. степени вершин

	4. нули
28.	Из вершины А в вершину Д существует:  1. 4 пути 2. 3 пути 3. 5 путей 4. 1 путь
29.	Простым является цикл: 1. АВГВА 2. ВБАБЕВ 3. ДВАГВД 4. БЕАГБ
30.	Дерево – это: 1. связный граф 2. граф без циклов 3. граф, не имеющий компонент связности 4. связный граф без циклов
	ВАРИАНТ 3
1.	 Петлями в графе являются дуги: 1. a, c 2. c, a, d, e 3.d, e 4. a, d
2.	Петлями в графе являются дуги:  1. d 2. d и f 3. c и b 4. c, f и b

3.	Полустепенями исхода и захода для вершины 2 являются числа (обозначение: deg^+ –  полустепень исхода, deg^- – полустепень захода): 1. $deg^-(2)=3$, $deg^+(2)=2$ 2. $deg^-(2)=1$, $deg^+(2)=2$ 3. $deg^-(2)=2$, $deg^+(2)=1$ 4. $deg^-(2)=2$, $deg^+(2)=2$
4.	Наибольшее число висячих вершин, дерева с 10-ю вершинами: 1. 10 2. 5 3. 9 4. 0
5.	Полустепенями исхода и захода для вершины 3 являются числа (обозначение: deg^+ – полустепень исхода, deg^- – полустепень захода):  1. $deg^+(3)=3$, $deg^-(x_3)=2$ 2. $deg^+(3)=1$, $deg^-(3)=2$ 3. $deg^+(3)=2$, $deg^-(3)=1$ 4. $deg^+(3)=1$, $deg^-(3)=2$
6.	В задаче сетевого планирования коэффициент напряженности дуг N, образующих критическую зону, находится в промежутке: 1. $0{,}6 \le N(b) \le 0{,}8$ 2. $N(b) < 0{,}6$ 3. $N(b) > 0{,}8$ 4. $0 \le N(b) \le 1$
7.	В задаче сетевого планирования коэффициенты напряженности дуг образуют критическую, подкритическую и… 1. свободную зоны 2. изолированную зоны 3. связную зоны 4. резервную зоны

8.	Если результаты соревнования, в котором участвовали 6 команд, представлены ориентированным графом на рисунке (стрелка направлена в сторону проигравшей команды), то победила команда:  1. А 2. Б 3. В 4. Г 5. Е
9.	***(s-t)-разрезом графа*** называется: 1. множество насыщенных дуг 2. разбиение вершин графа на два множества S и T, таких, что $S\cap T=V$, где V – множество вершин графа, $S\cup T=\varnothing$, $s\in S$, $t\in T$ (s – исток, t – сток) 3. разбиение вершин графа на множества насыщенных и ненасыщенных дуг 4. разбиение вершин графа на два множества S и T, таких, что $S\cup T=V$, где V – множество вершин графа, $S\cap T=\varnothing$, $s\in S$, $t\in T$ (s – исток, t – сток)
10.	В ориентированном графе на рисунке путем является:  1. ЕГДА 2. БДАЕ 3. ВЕАБ 4. ГДБВ
11.	Количество ребер в полном графе с 20 вершинами равно: 1. 380 2. 200 3. 190 4. 400
12.	Вершина, инцидентная ровно одному ребру, называется: 1. изолированной 2. висячей 3. отдельной 4. разделяющей

13. Даны матрицы смежности и матрица инцидентности, тогда графу на рисунке:



матрица смежности

	X1	X2	X3	X4
X1	1	1	0	0
X2	0	0	1	1
X3	0	0	0	0
X4	1	1	1	0

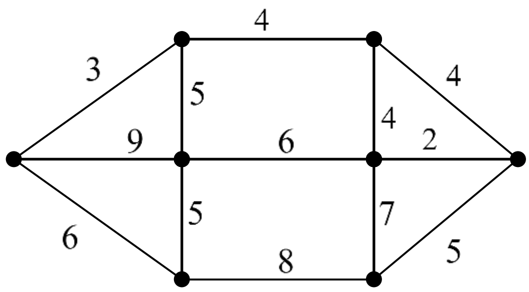
матрица инцидентностей

	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7
X1	0	1	1	0	0	0	-1
X2	0	-1	0	-1	1	0	0
X3	0	0	0	0	-1	-1	0
X4	0	0	-1	1	0	1	1

1. соответствует матрица инцидентности
2. не соответствуют обе матрицы
3. соответствует матрица смежности
4. соответствуют обе матрицы

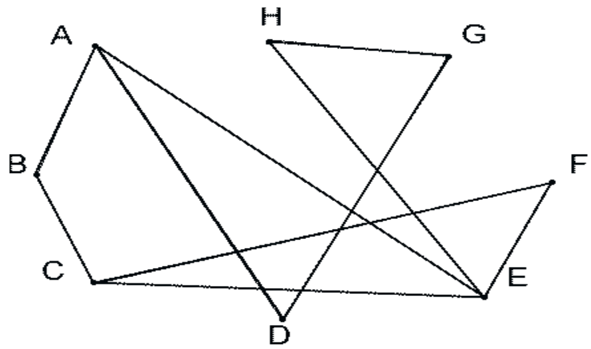
14. В потоке через сеть дуга является насыщенной если:
1. ее пропускная способность равна нулю
2. ее пропускная способность больше пропускной способности любой дуги
3. в ней интенсивность потока равна нулю
4. в ней интенсивность потока равна пропускной способности

15. Вес минимального остовного дерева графа равен



1. 22
2. 16
3. 28
4. 26

16. Аркадий, Борис. Владимир, Григорий и Дмитрий при встрече обменялись рукопожатиями (каждый пожал руку каждому по одному разу), тогда всего было сделано рукопожатий:
1. 8
2. 10
3. 12
4. 20

17.	Путем является маршрут:  1. ADGH 2. ADAGH 3. AEFCEF 4. ABCFC
18.	Если каждая из вершин графа соединена ребрами с остальными, то такой граф называется: 1. мультиграфом 2. полным 3. пустым 4. планарным
19.	Графы являются изоморфными, если: 1. они ориентированные 2. если у них одинаковое количество вершин 3. если их матрицы смежности одинаковы 4. если у них одинаковое количество ребер
20.	Пропускная способность *c* пути *P(s,t)* из *s* в *t* равна: 1. наименьшей из пропускных способностей входящих в него дуг 2. сумме пропускных способностей входящих в него дуг 3. наибольшей из пропускных способностей входящих в него дуг 4. среднему арифметическому из пропускных способностей входящих в него дуг
21.	Расстояние до вершины дерева называют: 1. путем к вершине 2. высотой вершины 3. удаленностью вершины 4. ярусом вершины
22.	Ребро связного графа *G* называется (….), если после его удаления G станет несвязным и распадется на два связных графа *G'* и *G''*: 1. дугой 2. мостом 3. цепью 4. циклом
23.	Для того, чтобы связный орграф являлся простым циклом, необходимо и достаточно, чтобы каждая его вершина имела степень, равную: 1. 2 2. 1 3. 0 3. 3

24.	Граф планарен тогда и только тогда, когда он: 1. не содержит подграфов, гомеоморфных K_5 или $K_{3,3}$ 2. содержит подграфы, гомеоморфные K_5 или $K_{3,3}$ 3. является графом K_5 4. является графом $K_{3,3}$
25.	Раскраска графа называется правильной, если: 1. любые две смежные вершины имеют одинаковые цвета 2. все вершины имеют разные цвета 3. любые две смежные вершины имеют разные цвета 4. все вершины имеют одинаковые цвета
26.	Ребра полного графа K_n с n вершинами могут быть раскрашены $(n–1)$ цветами, если: 1. n четно 2. n нечетно 3. n кратно количеству ребер 4. n является простым числом
27.	Коэффициенты хроматического полинома графа составляют: 1. положительную последовательность 2. четную последовательность 3. отрицательную последовательность 4. знакопеременную последовательность
28.	При отождествлении вершин графа инцидентные им ребра: 1. удаляются 2. заменяются на цепи 3. сохраняются 4. переносятся в другую плоскость
29.	С помощью хроматического полинома графа можно вычислить: 1. количество способов правильной раскраски графа в указанное количество цветов 2. цикломатическое число 3. количество компонент связности 4. радиус и диаметр графа
30.	На любой сети максимальная величина потока из истока s в сток t равна: 1. максимальной пропускной способности разреза, отделяющего s от t 2. минимальной пропускной способности разреза, отделяющего s от t 3. усредненной пропускной способности разреза, отделяющего s от t 4. суммарной пропускной способности разреза, отделяющего s от t

ТИПОВЫЕ ВАРИАНТЫ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ (семестр 6)

	ВАРИАНТ 1
1.	Спрос – это: 1. желание и возможность покупателя приобрести товар по определенной цене 2. желание покупателя приобрести товар по установленной им цене 3. возможность покупателя приобрести товар по желательной для него цене 4. желание и возможность покупателя приобрести товар по минимальной цене
2.	Равновесная цена – это цена: 1. которая устанавливается продавцом на определенный товар 2. которую готов платить покупатель за определенный товар

	3. при которой количество товара, предлагаемого продавцами, совпадает с количеством товара, которое готовы купить покупатели 4. которая совпадает с себестоимостью товара
3.	Игра называется *игрой с нулевой суммой*, если: 1. выигрыш обоих игроков равен нулю 2. один игрок выигрывает то, что проигрывает другой 3. выигрыш хотя бы одного игрока равен нулю 4. оба игрока выигрывают
4.	Игра называется *игрой* $m\times n$, если: 1. с одной стороны участвуют m игроков, а с другой – n 2. у каждого из m игроков существует по n стратегий 3. у каждого игрока существует $m\times n$ стратегий 4. у одного игрока имеется m возможных стратегий, а у другого – n
5.	Для игрока, допустившего отклонение от своей оптимальной стратегии: 1. его положение останется неизменным или испортится 2. положение его противника останется неизменным 3. положение его противника испортится 4. положение испортится у обоих игроков
6.	Матричная игра – это частный случай антагонистической игры, при котором обязательно выполняется одно из требований: 1. один из игроков имеет бесконечное число стратегий. 2. оба игрока имеют бесконечно много стратегий. 3. оба игрока имеют одно и то же число стратегий. 4. оба игрока имеют конечное число стратегий.
7.	Биматричная игра может быть определена: 1. двумя матрицами только с положительными элементами 2. двумя произвольными матрицами 3. одной произвольной матрицей 4. одной единичной матрицей
8.	Цена игры v: 1. меньше нижней цены 2. больше верхней цены 3. всегда лежит между нижней ценой игры и верхней ценой игры 4. равна среднему арифметическому значению нижней цены игры и верхней цены игры
9.	Если игра имеет седловую точку, то решение игры: 1. не существует 2. это пара стратегий, не пересекающихся в седловой точке 3. стратегия одного из игроков, проходящая через седловую точку 4. это пара стратегий, пересекающихся в седловой точке
10.	Геометрическое решение игры m×n неприменимо, если: 1. $m\geq 4$, $n\geq 4$ 2. $m=2$, $n=4$ 3. $m=4$, $n=2$ 4. $m=2$, $n=2$
11.	Задачу m×n можно упростить путем: 1. применения геометрической интерпретации 2. вычеркивания дублирующих стратегий 3. добавления дублирующих стратегий 4. добавления нейтрализующих стратегий

<table>
<tr><td>12.</td><td>Если элемент матрицы a_{ij} соответствует седловой точке, то возможны следующие ситуации:
1. этот элемент строго больше всех в столбце
2. этот элемент строго больше всех по порядку в строке
3. в строке есть элементы и больше, и меньше, чем этот элемент.
4. этот элемент строго меньше всех в столбце</td></tr>
<tr><td>13.</td><td>В графическом методе решения игр 2*n непосредственно из графика находят:
1. оптимальные стратегии обоих игроков
2. цену игры и оптимальную стратегию 2-го игрока
3. цену игры и оптимальную стратегию 1-го игрок
4. только верхнюю цену игры</td></tr>
<tr><td>14.</td><td>В игре с природой:
1. неопределенность вызвана сознательным противодействием противника
2. неопределенности не существует
3. присутствует нанесение ущерба действиями природы
4. неопределенность вызвана незнанием условий, в которых будет приниматься решение</td></tr>
<tr><td>15.</td><td>Принцип Вальда утверждает, что оптимальной считается стратегия, при которой гарантируется выигрыш:
1. не меньший, чем нижняя цена игры
2. не меньший, чем верхняя цена игры
3. равный нижней цене игры
4. равный верхней цене игры</td></tr>
<tr><td>16.</td><td>Применение критерия Вальда бывает оправдано, если:
1. допускается максимальный риск
2. необходимо исключить какой бы то ни было риск
3. реализуется лишь малое количество решений
4. допускается минимальный риск</td></tr>
<tr><td>17.</td><td>Для матрицы последствий
<table><tr><td>5</td><td>2</td><td>8</td><td>4</td></tr><tr><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>12</td></tr><tr><td>8</td><td>5</td><td>3</td><td>10</td></tr><tr><td>1</td><td>4</td><td>2</td><td>8</td></tr><tr><td>p=1/2</td><td>p=1/6</td><td>p=1/6</td><td>p=1/6</td></tr></table>наибольший средний доход соответствует строке:
1. 1
2. 2
3. 3
4. 4</td></tr>
<tr><td>18.</td><td>Для матрицы рисков
<table><tr><td></td><td>3</td><td>3</td><td>0</td><td>8</td></tr><tr><td></td><td>6</td><td>2</td><td>4</td><td>0</td></tr><tr><td></td><td>0</td><td>0</td><td>5</td><td>2</td></tr><tr><td></td><td>6</td><td>1</td><td>6</td><td>4</td></tr><tr><td>p_j</td><td>0,3</td><td>0,1</td><td>0,2</td><td>0,4</td></tr></table></td></tr>
</table>

	минимальный средний ожидаемый риск соответствует строке: 1. 1 2. 2 3. 3 4. 4
19.	В задаче линейного программирования целевая функция является: 1. линейной 2. квадратичной 3. кубической 4. тригонометрической
20.	Каноническая форма ЗЛП в качестве ограничений содержит: 1. строгие неравенства 2. равенства 3. нестрогие неравенства 4. равенства и неравенства
	ВАРИАНТ 2
1.	Величина спроса – это: 1. цена, по которой покупатели готовы купить определенный товар 2. количество товара, которое покупатели готовы купить по данной цене в определенное время и в определенном месте 3. количество товара, которое будет востребовано покупателем по минимальной цене 4. количество товара, которое останется востребовано покупателем по любой цене
	Спрос эластичен, если: 1. большое изменение цены ненамного изменяет объем покупок 2. любое изменение цены не изменяет объем покупок 3. небольшое изменение цены сильно изменяет объем покупок 4. любой объем покупок не изменяет цену
	Игра называется «множественной», если: 1. в ней принимают участие более двух игроков 2. в ней принимают участие не менее двух игроков 3. в ходе игры запрещено образование коалиций игроков 4. общее число игроков должно быть четным
	Принцип теории игр можно сформулировать следующим образом – выбирай свое поведение так, чтобы оно было рассчитано на: 1. наилучший для тебя образ действий противника 2. наихудший для противника образ действий 3. то, чтобы противник не смог предсказать твой образ действий 4. наихудший для тебя образ действий противника
	В седловой точке: 1. нижняя цена и верхняя цена игры одинаковы 2. верхняя цена должна быть больше нижней цены 3. нижняя цена и верхняя цена игры различны 4. верхняя и нижняя цены обязательно равны нулю
	Максимальное число седловых точек в игре размерности 2*3 может быть: 1. 2 2. 3 3. 6 4. 1

	В матричной игре элемент aij представляет собой: 1. оптимальную стратегию первого игрока при использовании противником i-й стратегии 2. выигрыш первого игрока при использовании им i-й стратегии, а вторым игроком – j-й стратегии 3. проигрыш первого игрока при использовании им i-й стратегии, а вторым игроком – j-й стратегии. 4. оптимальную стратегию первого игрока при использовании противником j-й стратегии
	По критерию математического ожидания каждый игрок исходит из того, что: 1. случится наихудшая для него ситуация 2. случится наихудшая для противника ситуация 3. все ситуации равно возможны 4. все или некоторые ситуации возможны с некоторыми заданными вероятностями
	Цена игры – это: 1. число 2. вектор 3. матрица 4. функция
10.	Геометрическое решение игры m×n применимо, но затруднено, если: 1. m≥4, n ≥4 2. m=3, n ≥4 3. m=4, n =2 4. m=2, n =2
11.	Задачу m×n можно упростить путем: 1. применения геометрической интерпретации 2. вычеркивания заведомо невыгодных стратегий 3. добавления дублирующих стратегий 4. добавления нейтрализующих стратегий
12.	График нижней огибающей для графического метода решения игр 2*n представляет собой в общем случае: 1. прямую 2. параболу 3. отрезок 4. ломаную
13.	Биматричная игра – это конечная игра двух игроков: 1. с нулевой суммой, в которой выигрыши задаются одной матрицей 2. с ненулевой суммой, в которой выигрыши каждого игрока задаются отдельными матрицами 3. с ненулевой суммой, в которой выигрыши каждого игрока задаются отдельными матрицами 4. с нулевой суммой, в которой выигрыши каждого игрока задаются отдельными матрицами
14.	К явлениям природы, влияющим на результат решения, относят: 1. проявление любых, не зависящих от игроков обстоятельств 2. погодные и сезонные явления 3. отсутствие информации для принятия решения 4. полная информация для принятия решения

15. Критерий Гурвица обращается в критерий Вальда при коэффициенте пессимизма:
1. $\gamma > 0$
2. $\gamma = 1$
3. $\gamma < 0$
4. $\gamma = 0$

16. Применение критерия Гурвица бывает оправдано, если:
1. допускается максимальный риск
2. необходимо исключить какой бы то ни было риск
3. реализуется лишь малое количество решений
4. допускается некоторый риск

17. Для матрицы последствий

	4	*1*	*7*	*4*
	2	*3*	*4*	*11*
	8	*6*	*3*	*10*
	1	*4*	*2*	*7*
p_j	*0,2*	*0,3*	*0,3*	*0,2*

наибольший средний доход соответствует строке:
1. 1
2. 2
3. 3
4. 4

18. Для матрицы рисков

	B_1	B_2	B_3
A_1	*0*	*500*	*350*
A_2	*600*	*0*	*550*
A_3	*550*	*550*	*0*
p	*0,4*	*0,25*	*0,35*

минимальный средний ожидаемый риск соответствует строке:
1. 1
2. 2
3. 3
4. 4

19. В задаче линейного программирования целевая функция:
1. только минимизируется
2. только максимизируется
3. минимизируется или максимизируется
4. принимает значение, равное нулю

20. Первая стандартная форма ЗЛП в качестве ограничений содержит:
1. строгие неравенства >
2. равенства
3. нестрогие неравенства ≥
4. нестрогие неравенства ≤

ВАРИАНТ 3

1.	Предложение – это: 1. желание продавца реализовать товар по данной цене 2. способность продавца реализовать товар по максимальной цене 3. желание и способность продавца реализовать товар по данной цене 4. желание продавца реализовать товар по максимальной цене
2.	Единичная эластичность спроса имеет место, когда покупаемое количество товара: 1. уменьшается на *1%* при увеличении цены на *1%* 2. не уменьшается при увеличении цены на *1%* 3. вырастает на *1%* при увеличении цены на *0,1%* 4. вырастает на *1%* при снижении цены на *1%*
3.	Игра называется «парной», если: 1. в ней сталкиваются интересы двух игроков 2. с каждой стороны принимают участие по одной паре игроков 3. с каждой стороны количество игроков должно быть четным 4. общее число игроков должно быть четным
4.	В парной игре оптимальными называются стратегии: 1. совокупность которых приводит к нулевому результату 2. соответствующие седловой точке 3. совокупность которых приводит к проигрышу противника 4. которые применяются в первую очередь
5.	Смешанные стратегии – это: 1. стратегии, содержащие все возможные чистые стратегии игрока 2. строго чередующиеся чистые стратегии 3. стратегии, которые применяются с нулевыми частотами 4. комбинированные стратегии, состоящие в случайном чередовании чистых стратегий
6.	Матричную игру можно задать: 1. одной матрицей 2. двумя матрицами 3. нижней ценой игры 4. верхней ценой игры
7.	Если элемент матрицы a_{ij} соответствует седловой точке, то возможны следующие ситуации: 1. это диагональный элемент матрицы 2. этот элемент строго меньше всех в строке 3. в строке есть элементы и больше, и меньше, чем этот элемент 4. этот элемент строго больше всех в строке
8.	В матричной игре произвольной размерности смешанная стратегия любого игрока – это: 1. число 2. минор исходной матрицы 3. вектор, или упорядоченное множество 4. функция
9.	Матричная игра – это частный случай антагонистической игры, при задании которой необходимо: 1. наличие хотя бы одной седловой точки 2. соблюсти условие – игроки обязательно имеют разное число стратегий 3. указать количество седловых точек 4. перечислить стратегии каждого игрока

<table>
<tr><td>10.</td><td>Геометрическое решение игры m×n легко применимо, если:
1. m≥4, n ≥4
2. m=2, n =4
3. m≥3, n ≥3
4. m=3, n =4</td></tr>
<tr><td>11.</td><td>Задачу m×n можно упростить путем:
1. сокращения матрицы вычеркиванием строк и столбцов
2. применения геометрической интерпретации
3. добавления дублирующих стратегий
4. добавления нейтрализующих стратегий</td></tr>
<tr><td>12.</td><td>График верхней огибающей для графического метода решения игр m*2 представляет собой в общем случае:
1. прямую
2. параболу
3. полуокружность
4. ломаную</td></tr>
<tr><td>13.</td><td>В биматричной игре:
1. в первой матрице строки и столбцы соответствует стратегии игрока 1, во второй матрице – стратегии игрока 2
2. матрицы обязательно должны быть квадратными
3. в каждой матрице строка соответствует стратегии игрока 1, столбец – стратегии игрока 2
4. одна из матриц должна быть единичной</td></tr>
<tr><td>14.</td><td>Принцип доминирования решения позволяет удалять из матрицы:
1. строки
2. минимальные числа
3. подматрицы меньших размеров
4. максимальные числа</td></tr>
<tr><td>15.</td><td>Коэффициент пессимизма γ критерия Гурвица находится в промежутке:
1. $\gamma>0$
2. $0\leq \gamma \leq 1$
3. $0< \gamma <1$
4. $\gamma >1$</td></tr>
<tr><td>16.</td><td>Критерий Сэвиджа рекомендует в условиях неопределенности выбирать решение, обеспечивающее:
1. минимальное значение минимального риска
2. максимальное значение минимального риска
3. максимальное значение максимального риска
4. минимальное значение максимального риска</td></tr>
<tr><td>17.</td><td>Для матрицы последствий
<table>
<tr><td></td><td>4</td><td>1</td><td>7</td><td>3</td></tr>
<tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>11</td></tr>
<tr><td></td><td>7</td><td>4</td><td>2</td><td>9</td></tr>
<tr><td></td><td>1</td><td>3</td><td>1</td><td>7</td></tr>
<tr><td>p_j</td><td>0,3</td><td>0,1</td><td>0,2</td><td>0,4</td></tr>
</table>
наибольший средний доход соответствует строке:
1. 1
2. 2</td></tr>
</table>

	3. 3 4. 4
18.	Для матрицы рисков

	3	*3*	*0*	*8*
	6	*2*	*4*	*0*
	0	*0*	*5*	*2*
	7	*1*	*6*	*4*
p_j	*0,3*	*0,1*	*0,2*	*0,4*

	минимальный средний ожидаемый риск соответствует строке: 1. 1 2. 2 3. 3 4. 4
19.	В задаче линейного программирования ОДЗ целевой функции: 1. может быть выпуклым многоугольником 2. не может быть выпуклым многоугольником 3. не может быть пустой 4. не может быть неограниченным многоугольником
20.	Вторая стандартная форма ЗЛП в качестве ограничений содержит: 1. строгие неравенства > 2. нестрогие неравенства ≥ 3. равенства 4. нестрогие неравенства ≤

Приложение № 2

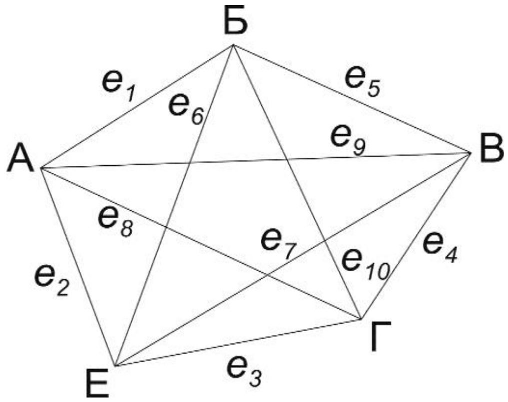
ТЕМЫ И ОБРАЗЦЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ
(семестр 5)

Тема 1.

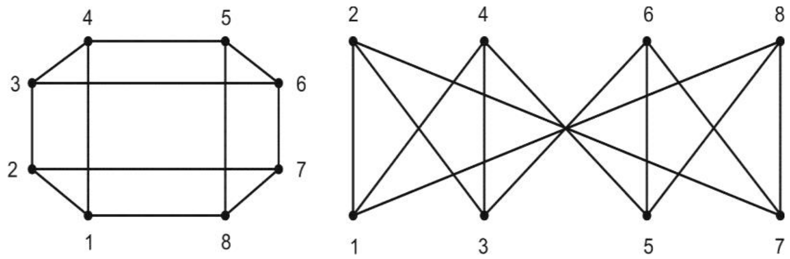
Матрица смежности и матрица инцидентности. Изоморфные графы. Степень вершины. Лемма о рукопожатиях. Подграфы графа и операции над ними.

Пример 1.1. Рукопожатия

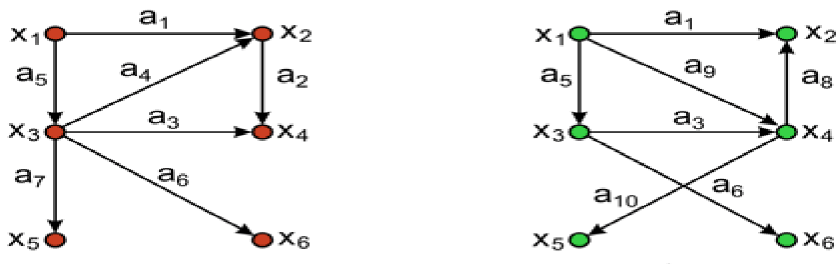
Александр, Борис, Владимир, Григорий и Дмитрий при встрече обменялись рукопожатиями (каждый пожал руку каждому по одному разу). Сколько всего рукопожатий было сделано? Составить матрицы смежностей и инцидентностей.



Пример 1.2. Проверим изоморфность графов, пронумеровав вершины следующим образом:



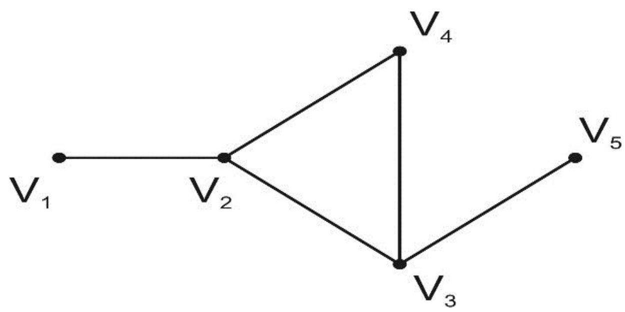
Пример 1.3. Найти объединение, пересечение, кольцевую сумму графов:

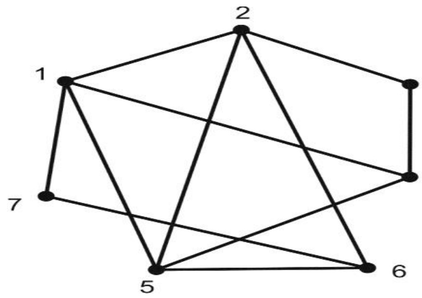


Тема 2.

Компоненты связности графа. Метрические характеристики графа. Задача коммивояжера.

Пример 2.1. Найти радиус, диаметр и центры графов:





Пример 2.2. Решить задачу коммивояжера, используя таблицу исходных данных:

Исходные данные

Город	1	2	3	4
1	M	5	11	9
2	10	M	8	7
3	7	14	M	8
4	12	6	15	M

Пример 2.3. Пусть задана матрица достижимости R^1 неориентированного графа G, имеющего $n=8$ вершин.

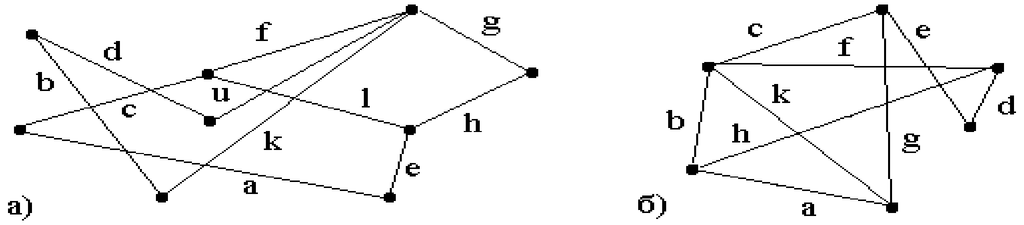
$$R^1 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

Необходимо проверить граф на связность и выявить все связные подграфы.

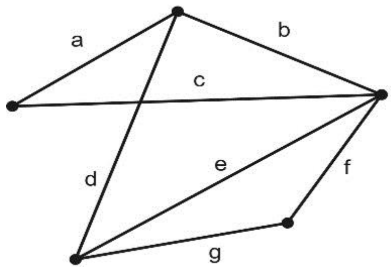
Тема 3.

Остовные деревья. Центроид дерева, цикломатическое число графа. Матричная теорема Кирхгофа. Теорема Кэли.

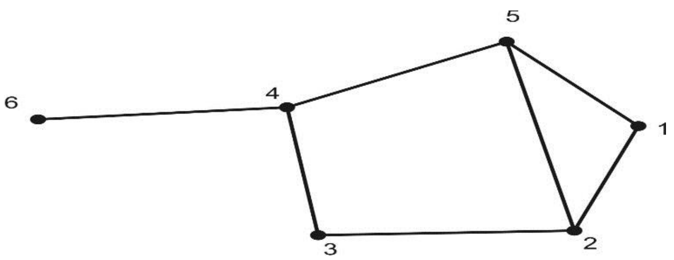
Пример 3.1. Сколько и какие ребра следует удалить в графах, чтобы превратить их в дерево?



Пример 3.2. Найти два разных остовных дерева в графе:



Пример 3.3. Построить матрицу Кирхгофа:

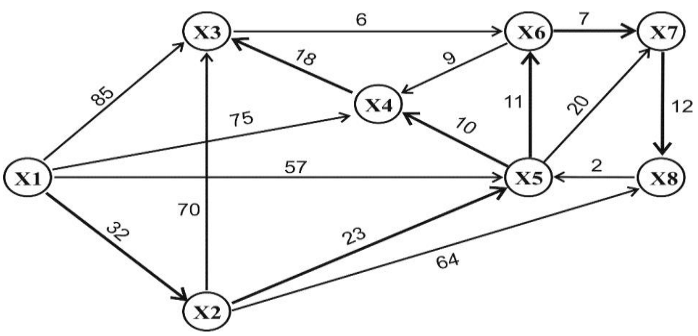


Тема 4.

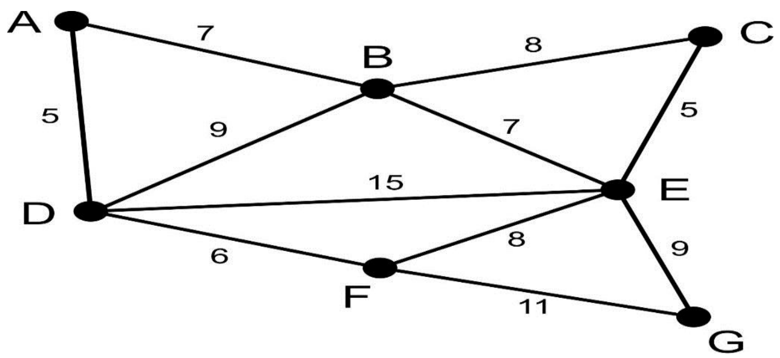
Алгоритм Дейкстра. Алгоритм Прима. Алгоритм Краскала.

Пример 4.1.

1. Найти кратчайшие пути в орграфе от первой вершины ко всем остальным, используя алгоритм Дейкстра. Постройте дерево кратчайших путей.



Пример 4.2. Построить МОД с помощью алгоритмов Краскала и Прима.



Тема 5.

Условия планарности. Теорема Эйлера о многогранниках (о планарных графах). Критерий Понтрягина-Куратовского. Алгоритм построения плоского изображения графа.

Пример 5.1.

1. Является ли планарным двудольный граф с двумя вершинами $K_{3,3}$? Полный граф K_6?

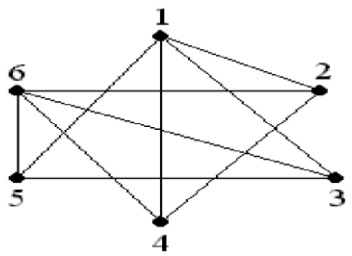
2. Является ли планарным граф

G_1: 12 13 14 25 26 27 35 37 36 46 47 45 56 67?

G_2: 12 23 34 48 81 14 82 45 56 67 87 46?

Пример 5.2.

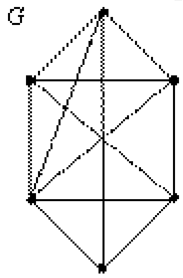
Получить плоское изображение графа



Тема 6.

Вершинные и реберные раскраски графа. Хроматическое число и хроматический индекс графа. Раскраски плоских графов. Хроматические многочлены, их свойства.

Пример 6.1. Найти хроматический полином графа:

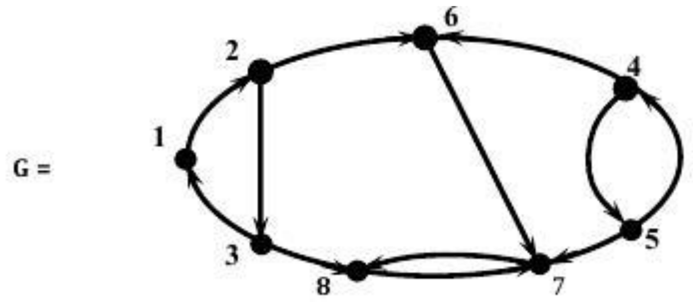


Тема 7.

Алгоритм построения конденсации. База орграфа. Антибаза орграфа.

Пример 7.1.

Задан орграф G. Найти базу и антибазу.



Тема 8.

Работы и события. Фиктивная работа. Задачи сетевого планирования

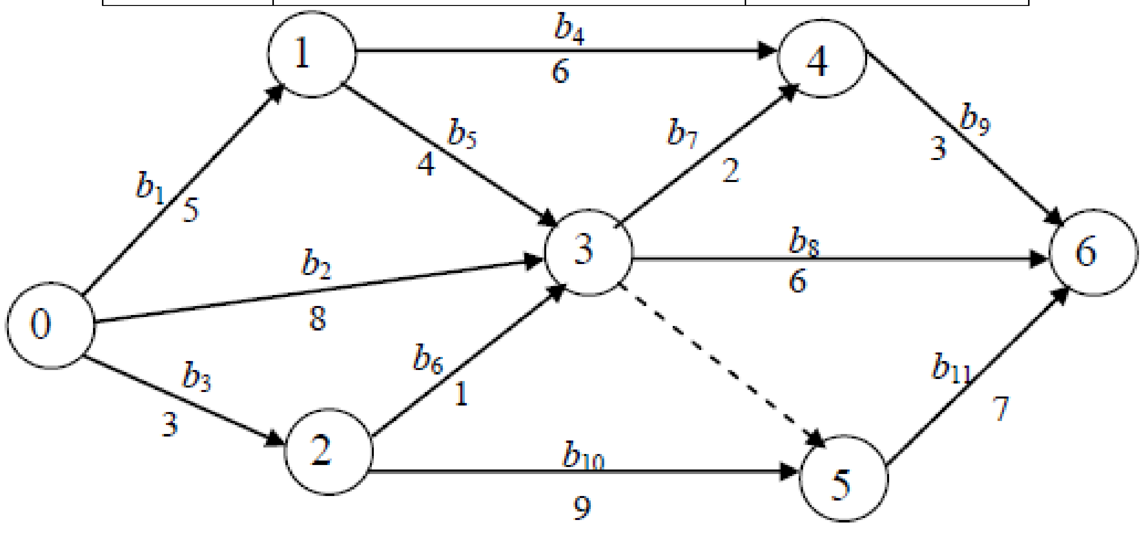
Пример 8.1.

Построить сетевой график, рассчитать наиболее ранние и наиболее поздние сроки наступления событий, найти критический путь, определить полные и независимые резервы времени всех работ и коэффициенты напряженности некритических дуг с помощью данных, представленных в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Исходные данные

Работа	*Продолжительность работы*	*Опирается на работы*
b_1	5	–
b_2	8	–
b_3	3	–
b_4	6	b_1
b_5	4	b_1
b_6	1	b_3
b_7	2	b_2, b_5, b_6
b_8	6	b_2, b_5, b_6
b_9	3	b_4, b_7
b_{10}	9	b_3
b_{11}	7	b_2, b_5, b_6, b_{10}



Тема 9.

Максимальный поток, разрез, пропускная способность. Теорема Форда-Фалкерсона о величине максимального потока. Алгоритм нахождения максимального потока.

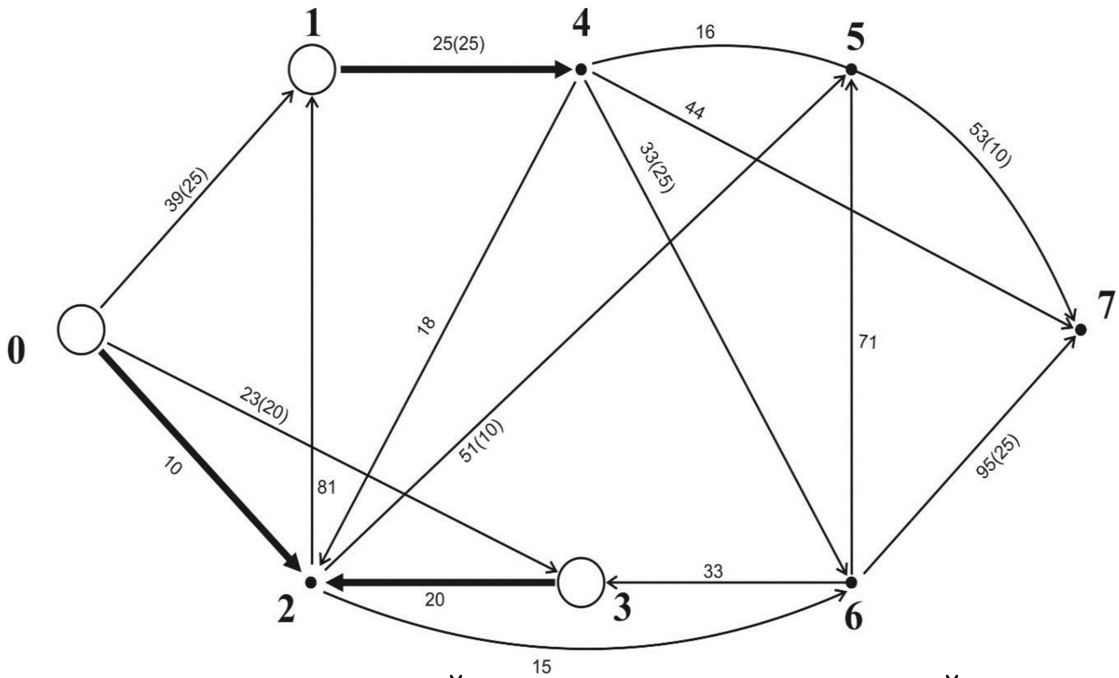
Пример 9.1.

Решить задачу нахождения максимального потока в сети с помощью алгоритма Форда-Фалкерсона и построить разрез сети *S*. Исходные данные: сеть *S(X,U), 0* – исток, *7* – сток; $0, 7 \in X$. Значения пропускных способностей дуг заданы по направлению ориентации дуг: от индекса *i* к индексу *j*.

Таблица 9.1

Пропускные способности дуг

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	*0*	*39*	*10*	*23*	*0*	*0*	*0*	*0*
1	*0*	*0*	*0*	*0*	*25*	*0*	*0*	*0*
2	*0*	*81*	*0*	*0*	*0*	*61*	*15*	*0*
3	*0*	*0*	*20*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
4	*0*	*0*	*18*	*0*	*0*	*0*	*33*	*44*
5	*0*	*0*	*0*	*0*	*16*	*0*	*0*	*53*
6	*0*	*0*	*0*	*33*	*0*	*71*	*0*	*95*
7	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*



ТЕМЫ И ОБРАЗЦЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ (семестр 6)

Тема 1.

Предмет исследования операций.

Понятие спроса и предложения и их математическое описание. Равновесие спроса и предложения.

Пример 1.1.

Зависимость объема спроса товара *X* от его цены представлена в таблице.

Цена (P) (руб.)	***Объем спроса (Qd) (кг)***

20	*320*
30	*280*
40	*240*
50	*200*
60	*160*
70	*120*

Нарисуйте кривую спроса данного товара и покажите, как она изменится, если покупатели будут предпочитать приобретать на *20 кг* больше при каждом уровне цен?

Пример 1.2.

В таблице представлены данные о ценах, объемах спроса и предложения товара *X*. Начертите кривые спроса и предложения и определите равновесную точку.

Цена (Р) (руб.)	***Объем спроса (Qd) (шт.)***	***Объем предложения (Qs) (шт.)***
10	*10*	*2*
12	*9*	*3*
14	*8*	*4*
16	*7*	*5*
18	*6*	*6*
20	*5*	*7*

Пример 1.3.

В таблице представлены данные о ценах, объемах спроса и предложения товара *X*. Начертите кривые спроса и предложения и на графике определите, что произойдет на рынке, если цена установится на уровне *14* руб.

Цена (Р) (руб.)	***Объем спроса (Qd) (тыс. шт.)***	***Объем предложения (Qs) (тыс. шт.)***
10	*20*	*12*
12	*19*	*13*
14	*18*	*14*
16	*17*	*15*
18	*16*	*16*
20	*15*	*17*

Тема 2.
Предмет теории игр.

Нижняя и верхняя цена игры. Чистые и смешанные стратегии. Решение игры в смешанных стратегиях. Элементарные методы решения игр. Игры 2×2 и $2\times n$. Геометрическая интерпретация игры

Пример 2.1. Найдите нижнюю цену игры, верхнюю цену игры, определите седловую точку, оптимальные чистые стратегии игроков и цену игры, если игра задана следующей матрицей:

	B_1	B_2	B_3	B_4
A_1	8	6	2	8
A_2	8	9	4	5
A_3	7	5	3	5

Пример 2.2. Две компании *A* и *B* – конкуренты. Компания *A* рекламирует продукцию на радио, телевидении и в интернете. Компания *B*, в дополнение к использованию радио, телевидения и интернета, рассылает также по почте брошюры. Приведенная ниже матрица характеризует процент клиентов, привлеченных или потерянных компанией *A*. Как вести себя компаниям?

	B_1	B_2	B_3	B_4
A_1	8	-2	9	-3
A_2	6	5	6	8
A_3	-2	4	-9	5

Пример 2.3. Дана игра 5×5 с матрицей: Упростить игру путем вычеркивания дублирующих и заведомо невыгодных стратегий.

	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
A_1	5	6	5	7	5
A_2	9	8	6	8	6
A_3	12	8	10	12	10
A_4	6	7	5	6	5
A_5	9	10	10	8	10

Пример 2.4. Смешанные стратегии. Игра задана матрицей 2×2. Найти решение игры.

	B_1	B_2
A_1	0,2	0,8
A_2	0,7	0,3

Пример 2.5. Упростить матрицу и решить игру аналитически и графически:

	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
A_1	2	5	8	10	11
A_2	7	4	5	8	7
A_3	1	2	3	4	5
A_4	6	3	2	7	6
A_5	1	4	7	8	8

Пример 2.6. Пусть существуют платежная матрица игрока *A* и платежная матрица игрока *B:*

$$A = \begin{pmatrix} \mathbf{6} & 2 \\ 2 & \mathbf{4} \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 2 & \mathbf{6} \\ \mathbf{8} & 2 \end{pmatrix}$$

Определить равновесную ситуацию.

Тема 3.

Задачи теории статистических решений в условиях неопределенности и риска.

Классические критерии принятия решений (принципы Вальда, Гурвица, Сэвиджа).

Правило максимизации среднего ожидаемого дохода. Правило минимизации среднего ожидаемого риска.

Пример 3.1. Агрофирма выращивает культуры: пшеницу, кукурузу и лен. Средняя урожайность (ц/га) культур в зависимости от погоды и стоимость *1* центнера в рублях приведены в таблице.

	B_1 *(Засушливое лето)*	B_2 *(Нормальное лето)*	B_3 *(Дождливое лето)*	*Средняя стоимость*
A_1 *(Пшеница)*	*20*	*75*	*50*	*1300*
A_2 *(Кукуруза)*	*30*	*54*	*40*	*850*
A_3 *(Лен)*	*52*	*60*	*30*	*1950*

Найти наиболее эффективную схему использования пашни с точки зрения максимума выручки с *1* га.

Пример 3.2. Количество учащихся в школе выражается числами *1000* (*1* смена), *2000* (*2* смены) и *3000* (*3* смены). Государственное финансирование одного учащегося составляет *10* ден. ед. Потери, вызванные отказом в приеме в школу ввиду недостатка мест, – *5* ден. ед. Убытки от неполной занятости педагогов – *4* ден. ед. за каждого учащегося. Дать информацию о наиболее выгодном режиме работы школы, используя критерии Вальда, Гурвица, Сэвиджа.

Пример 3.3. Пусть для исходной матрицы последствий известны вероятности развития реальной ситуации по каждому из четырех вариантов, образующих полную группу событий: $p_1=1/2$, $p_2=1/6$, $p_3=1/6$, $p_4=1/6$. Определить: при каком варианте решения достигается наибольший средний доход и какова величина этого дохода; при каком варианте решения достигается наименьший средний ожидаемый риск и найти величину минимального среднего ожидаемого риска (проигрыша).

5	*2*	*8*	*4*
2	*3*	*4*	*12*
8	*5*	*3*	*10*
1	*4*	*2*	*8*
$p_1=1/2$	$p_2=1/6$	$p_3=1/6$	$p_4=1/6$

Пример 3.4. Предприятие осваивает рынок сбыта для своей продукции – творожков с фруктовой начинкой. В качестве начинки предлагается черника, вишня и брусника. Потребительский спрос на эту продукцию имеет следующие вероятностные параметры: потребители предпочтут творожки: с черничной начинкой с вероятностью *0,4*; с вишневой начинкой с вероятностью *0,25*, с брусничной начинкой с вероятностью *0,35*. Прибыль (тыс. руб.) от продажи творожков при условии разного предпочтения потребителей приведена в таблице:

	Предпочитают с черникой	Предпочитают с вишней	Предпочитают с брусникой
Творог с черникой	*800*	*400*	*500*
Творог с вишней	*200*	*850*	*300*
Творог с брусникой	*250*	*350*	*900*

Для уменьшения неопределенности предприятие предполагает провести маркетинговое исследование, стоимость которого равна *200* тыс. руб. Определить целесообразность этого исследования.

Тема 4.

Линейное программирование. Примеры моделей, приводящих к задачам линейного программирования. Стандартная и каноническая формы задачи линейного программирования. Геометрическая интерпретация задач линейного программирования. Решение задач ЛП симплекс-методом.

Пример 4.1. Задача о диете возникает при составлении наиболее экономного (т.е. наиболее дешевого) рациона питания животных, удовлетворяющего определенным медицинским требованиям.

Предположим, что в нашем распоряжении имеется n продуктов питания (сено, зерно, комбикорм, соль и т.д.). Обозначим эти продукты через F_i, $i=1,\ldots, n$. Предположим, что есть стоимость единицы веса (например, стоимость одного килограмма продукта).

Рациональная диета должна доставлять животному определенные компоненты (белки, жиры, углеводы, витамины, микроэлементы и т.д.). Обозначим эти компоненты через N_j, $j=1,\ldots, m$. Тогда можно составить таблицу-справочник, указывающую, какое количество каждого компонента имеется в единице веса каждого продукта.

	F_1	F_2	…	F_j	…	F_n
N_1	a_{11}	a_{12}	…	a_{1j}	…	a_{1n}
N_2	a_{21}	a_{22}	…	a_{2j}	…	a_{2n}
…	…	…	…	…	…	…
N_i	a_{i1}	a_{i2}	…	a_{ij}	…	a_{in}
…	…	…	…	…	…	…
N_m	a_{m1}	a_{m2}	…	a_{mj}	…	a_{mn}

Таким образом, величина a_{ij} есть количество i-го компонента, содержащегося в единице веса j-го продукта. Матрица A_{ij} называется **матрицей питательности.**

Рацион кормления должен указать, какое количество x_i i-го продукта должно быть скормлено животному за определенный срок (скажем, за месяц). Он означает, что за этот срок животное должно получить x_1 единиц первого продукта, x_1 единиц второго продукта, x_n единиц n-го продукта.

Что же требуется от рациона? Во-первых, должны быть выполнены определенные медицинские требования, которые заключаются в том, что за указанный срок животное должно получить не менее определенного количества каждого компонента (не менее определенного количества белков, жиров, витаминов и т.д.). Обозначим через b_j то минимальное количество j-го компонента, которое должно получить животное. Тогда рацион кормления должен удовлетворять ограничениям

$$a_{11}x_1+a_{12}x_2+\ldots+a_{1n}x_n\geq b_1,$$
$$a_{21}x_1+a_{22}x_2+\ldots+a_{2n}x_n\geq b_2,$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots..$$
$$a_{m1}x_1+a_{m2}x_2+\ldots+a_{mn}x_n\geq b_m$$

Кроме того очевидно, что все переменные x_i неотрицательны, т.е. $x_1\geq 0,\ x_2\geq 0,\ \ldots\ x_n\geq 0.$

Пусть стоимость единицы веса i-го продукта равна c_i. Тогда весь наш рацион будет стоить $c_1x_1+c_2x_2+\ldots+c_nx_n$.

Мы, естественно, хотели бы понести минимальные затраты на содержание животных. Поэтому задача приобретает вид: найти рацион минимальной стоимости при выполнении медицинских ограничений и естественных ограничений. Математически это выглядит так:

$c_1x_1+c_2x_2+\ldots+c_nx_n\to min$

$a_{11}x_1+a_{12}x_2+\ldots+a_{1n}x_n\geq b_1,$

$a_{21}x_1+a_{22}x_2+\ldots+a_{2n}x_n\geq b_2,$

………………………………..

$a_{m1}x_1+a_{m2}x_2+\ldots+a_{mn}x_n\geq b_m$

$x_1\geq 0,\ x_2\geq 0,\ \ldots\ x_n\geq 0.$

Обратите внимание на полученный результат. Во-первых, достаточно реальная задача приобрела строгую математическую форму. Во-вторых, целевая функция (стоимость рациона) является **линейной функцией** переменных $x_1, x_2, \ldots, x_n$. В третьих, сами ограничения на значения переменных $x_1, x_2, \ldots, x_n$ имеют вид **линейных неравенств**. Все это и определило название этого класса задач – задачи **линейного программирования**.

Пример 4.2. Решить задачу графическим и аналитическим методами.

$f(x)=2x_1+3x_2\to max$

$$\begin{cases} 2x_1+x_2\leq 10 \\ -2x_1+3x_2\leq 6 \\ 2x_1+4x_2\geq 8 \\ x_i\geq 0,\ \ i=\overline{1,2} \end{cases}$$

Пример 4.3. Привести задачу к канонической форме:

$f(x)=3x_1+x_2\to max$

$$\begin{cases} x_1-2x_2\leq 1 \\ -2x_1+x_2\leq 2 \\ 2x_1+x_2\leq 6 \\ x_i\geq 0,\ \ i=\overline{1,2} \end{cases}$$

Пример 4.4. Решить задачу симплекс-методом.

$f(x)=2x_1-x_2+3x_3-2x_4+x_5\to max$

$$\begin{cases} -x_1+x_2+x_3=1 \\ x_1-x_2+x_4=1 \\ x_1-2x_2+x_5=2 \\ x_i\geq 0,\ \ i=\overline{1,5} \end{cases}$$

Пример 4.5. Задача о покупке краски. Для окраски помещения необходимо купить *15* кг краски. Ее можно купить в банках двух типов: по *1,5* кг стоимостью *10* руб. каждая или в банках весом *0,9* кг стоимостью *8,5* руб. каждая. Для перевозки используется ящик, в который может уместиться *8* банок первого типа или *25* банок второго типа. Необходимо дать математическую формулировку задачи минимизации стоимости покупки. Найти, сколько банок каждого типа надо купить. Сравнить с решением, которое получится, если банка краски первого типа будет стоить *17* руб.

Проверочные работы

Темы:

1. «Спрос, предложение, их математическое описание; равновесие спроса и предложения».
2. «Элементарные методы решения игр 2×2 и $2\times n$; геометрическая интерпретация игры 2×2».
3. «Классические критерии принятия решений (принципы Вальда, Гурвица, Сэвиджа); частичная неопределенность (правила максимизации среднего ожидаемого дохода и минимизации среднего ожидаемого риска)».
4. «Геометрическая интерпретация задач линейного программирования; решение задач ЛП симплекс-методом».

Содержание проверочных работ преподаватель формирует с помощью следующих источников:

Исследование операций и теория игр: учеб. пособие / И.В. Воробейкина. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2019.

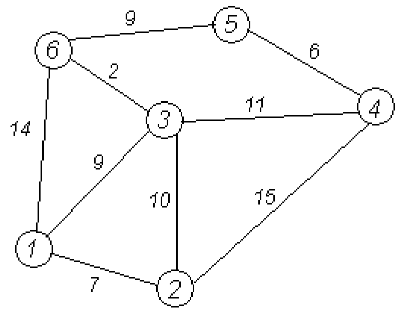
Исследование операций и теория игр: Практикум / И.В. Воробейкина. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2020.

Приложение № 3

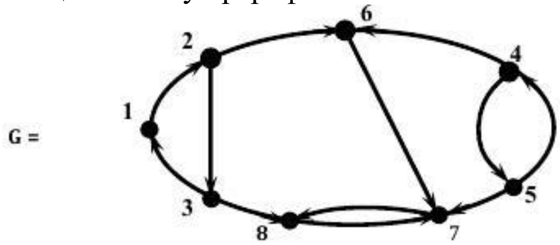
ЗАДАНИЯ ПО РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

(семестр 5)

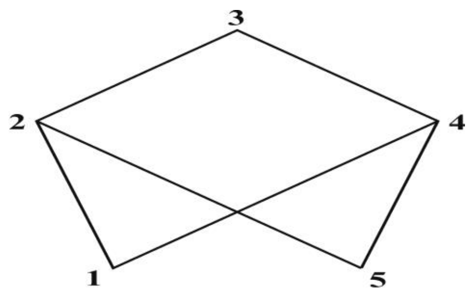
1. С помощью алгоритма Дейкстра найти кратчайшие расстояния от 1-й вершины до всех остальных.



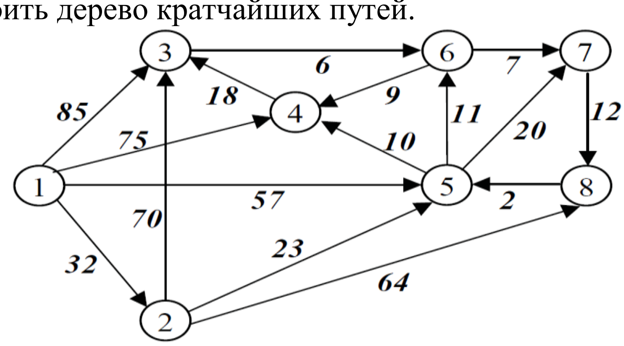
2. Построить конденсацию и базу орграфа.



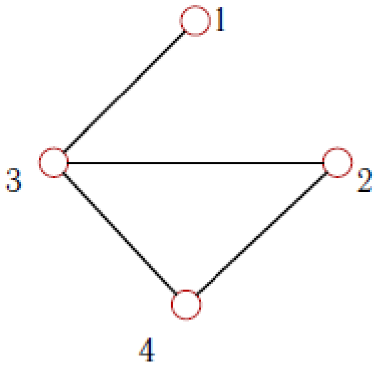
3. Найти хроматический полином графа, пользуясь леммой хроматической редукции:



4. С помощью алгоритма Дейкстра найти кратчайшие расстояния от 1-й вершины до всех остальных. Построить дерево кратчайших путей.



5. Найти хроматический полином графа, пользуясь леммой хроматической редукции $P(G,x)=P(G_1,x)-P(G_2,x)$:



6. Построить граф транспортной сети и методом Форда-Фалкерсона найти максимальный поток и минимальный разрез в сети. Исходные данные – матрица пропускных способностей:

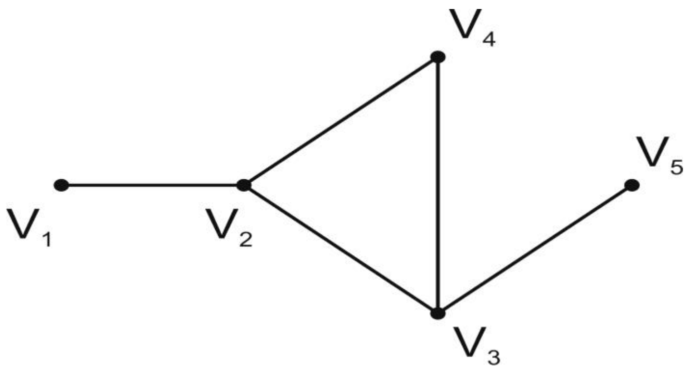
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
0	*0*	*39*	*10*	*23*	*0*	*0*	*0*	*0*
1	*0*	*0*	*0*	*0*	*25*	*0*	*0*	*0*
2	*0*	*81*	*0*	*0*	*0*	*61*	*15*	*0*
3	*0*	*0*	*20*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
4	*0*	*0*	*18*	*0*	*0*	*0*	*33*	*44*
5	*0*	*0*	*0*	*0*	*16*	*0*	*0*	*53*
6	*0*	*0*	*0*	*33*	*0*	*71*	*0*	*95*
7	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*

7. Из предложенных графов выбрать планарный и получить его плоское изображение с помощью алгоритма укладки планарного графа на плоскости:

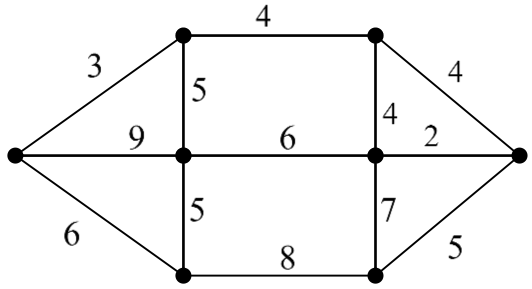
G1: 14 15 16 24 25 26 34 35 36

G2: 12 24 35 46 56 13 26 36 14 15

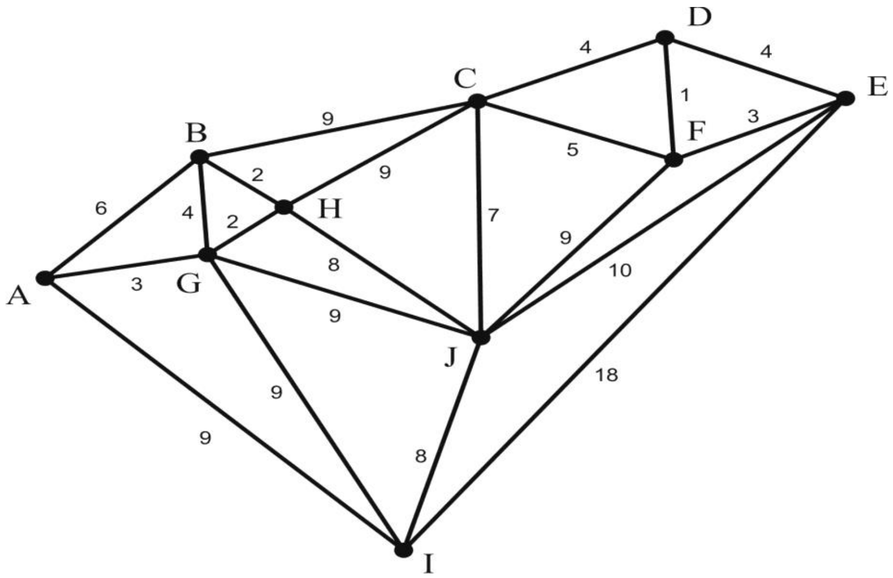
8. Найти радиус, диаметр, центр графа



9. Найти вес минимального остовного дерева заданного графа:



10. Найти минимальное остовное дерево с помощью алгоритма Краскала:

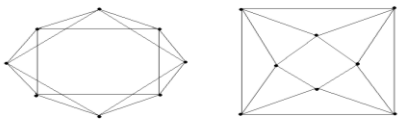


11. Построить граф транспортной сети и методом Форда-Фалкерсона найти максимальный поток и минимальный разрез в сети. Исходные данные – матрица пропускных способностей:

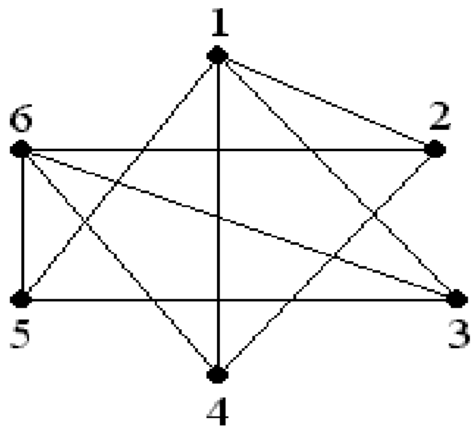
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
1	*0*	*32*	*95*	*75*	*57*	*0*	*0*	*0*
2	*0*	*0*	*5*	*0*	*23*	*0*	*0*	*16*
3	*0*	*0*	*0*	*18*	*0*	*6*	*0*	*0*
4	*0*	*0*	*0*	*0*	*24*	*9*	*0*	*0*
5	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*20*	*94*
6	*0*	*0*	*0*	*0*	*11*	*0*	*7*	*0*
7	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*81*
8	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*

12. Из предложенных графов выбрать непланарный и найти его число планарности:
G_1: 12 13 14 25 26 27 35 37 36 46 47 45 56 67
и полный граф K_6

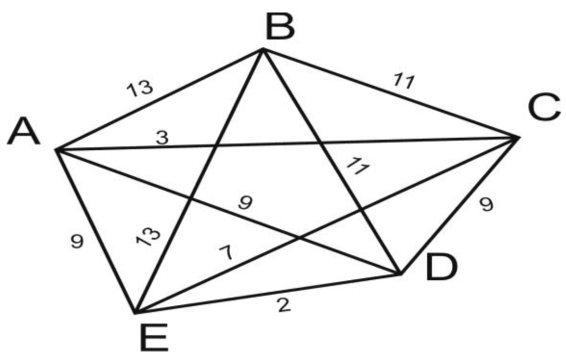
13. Обозначить произвольным образом вершины и проверить изоморфность графов:



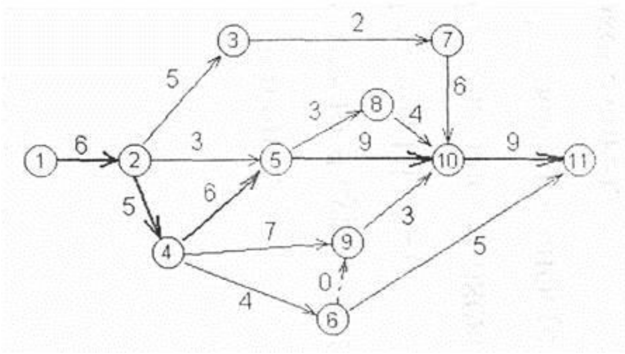
14. Построить плоское изображение графа:



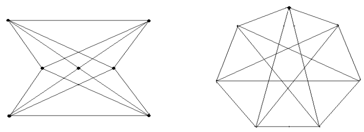
15. Найти минимальное остовное дерево с помощью алгоритма Прима:



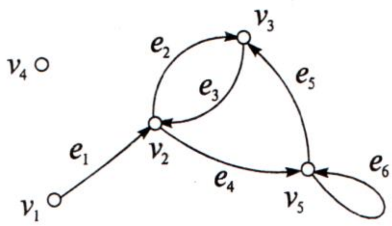
16. Методом критического пути 1) построить сетевой график, 2) рассчитать наиболее ранние и наиболее поздние сроки наступления событий, 3) найти критический путь, 4) определить полные и независимые резервы времени всех работ и коэффициенты напряженности некритических дуг.

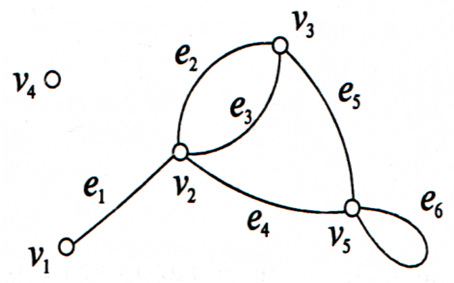


17. Обозначить произвольным образом вершины и проверить изоморфность графов:



18. Построить матрицы инцидентности и смежности для графа и орграфа:



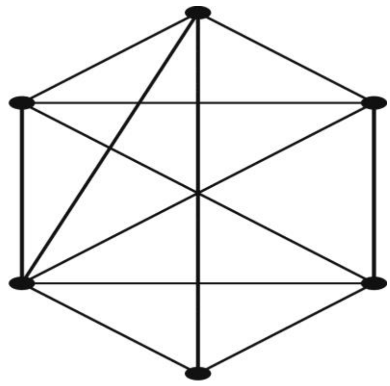


19. Из предложенных графов выбрать непланарный и вычислить его число планарности и толщину:

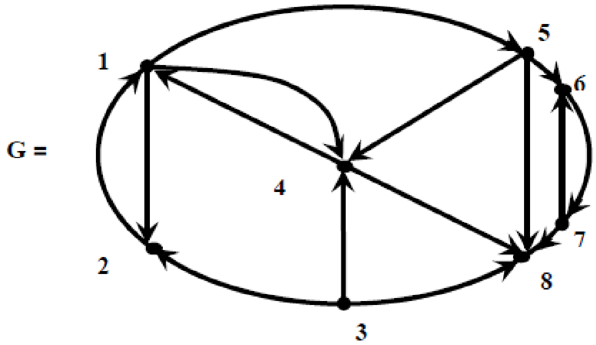
G_1: 12 23 34 48 81 14 82 45 56 67 87 46

G_2: 12 23 34 45 13 24 35 14 25 15

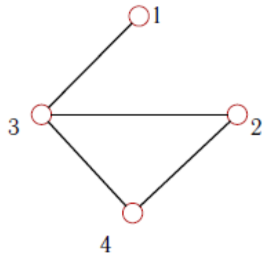
20. Найти хроматический полином графа, пользуясь леммой хроматической редукции:



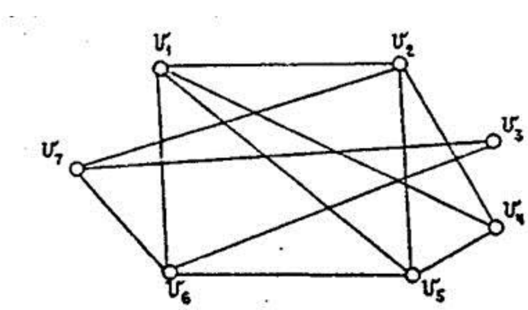
21. Построить конденсацию и базу орграфа.



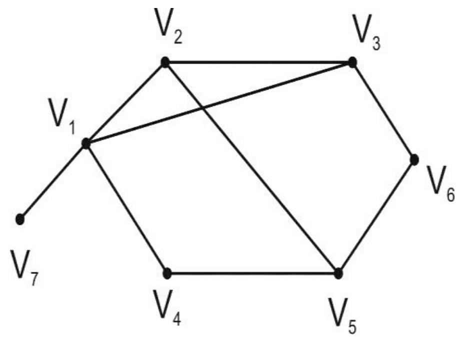
22. Найти хроматический полином графа, пользуясь леммой хроматической редукции $P(G,x)=P(G_1,x)+P(G_2,x)$:



23. Проверить планарность графа и получить его плоскую укладку:



24. Найти радиус, диаметр, центр графа


V2
V3
V1
V6
V7
V4
V5

Приложение № 4

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ (ЭКЗАМЕН) ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Основные этапы операционного исследования и их краткая характеристика.
2. Классификация экономико-математических моделей.
3. Основные принципы моделирования.
4. Основные понятия исследования операций. Классификация задач исследования операций. Примеры.
5. Задача управления запасами как пример задачи исследования операций и особенности ее решения.
6. Задача распределения заказов между двумя поставщиками как пример задачи исследования операций и особенности ее решения.
7. Понятие спроса и предложения и их математическое описание. Примеры.
8. Математическое описание равновесия спроса и предложения. Примеры.
9. Основные понятия теории игр: ход, стратегия и функция выигрыша. Примеры.
10. Матричная игра с нулевой суммой. Описание процесса игры в матричную игру. Примеры.
11. Особенности решения матричных игр. Понятие об упрощении платежной матрицы. Примеры.
12. Оптимальная чистая стратегия в матричной игре. Примеры.
13. Оптимальная смешанная стратегия в матричной игре. Величины платежей игроков при смешанной стратегии. Примеры.
14. Нахождение оптимальных смешанных стратегий для игр 2×2. Примеры.
15. Геометрическое решение игр 2×n. Примеры.
16. Решение игр m×n. Примеры.
17. Понятие о позиционных играх. Примеры.
18. Понятие о биматричных играх. Состояние равновесия в биматричных играх. Примеры.
19. Оптимальность по Парето в биматричных играх. Биматричные игры 2×2. Примеры.
20. Решение задач теории статистических решений в условиях риска. Примеры.
21. Решение задач теории статистических решений в условиях неопределенности. Примеры.
22. Матрицы последствий и рисков. Примеры.
23. Правило Вальда (принцип крайнего пессимизма). Примеры.
24. Правило Сэвиджа (принцип минимального риска).
25. Правило Гурвица. Примеры.
26. Принятие решений в условиях частичной неопределенности Примеры.
27. Правило максимизации среднего ожидаемого дохода. Примеры.
28. Правило минимизации среднего ожидаемого риска. Примеры.
29. Примеры моделей, приводящих к задачам линейного программирования.
30. Стандартная и каноническая формы задачи линейного программирования
31. Геометрическая интерпретация задач линейного программирования.
32. Решение задач ЛП симплекс-методом.
33. Примеры математического моделирования операций.

ПРИМЕРЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Объемы спроса и предложения товара *A* представлены в таблице. Начертите кривые спроса и предложения и определите равновесную точку. Что произойдет на рынке, если цена установится на уровне *30* руб.?

Цена (P) (руб.)	***Объем спроса (Qd) (тыс. шт.)***	***Объем предложения (Qs) (тыс. шт.)***
20	*10*	*2*
22	*9*	*3*
24	*8*	*4*
26	*7*	*5*
28	*6*	*6*
30	*5*	*7*

2. Решить графически. Пусть дана игровая матрица, найти оптимальную смешанную стратегию игрока *A*.

	B_1	B_2	B_3	B_4
A_1	1	3	6	2,5
A_2	5	3	2	4

3. Дана платежная матрица, дополненная строкой вероятностей возможных ситуаций p_j. Найти: максимальный средний ожидаемый выигрыш; минимальный средний ожидаемый риск.

	4	1	7	4
	2	3	4	11
	8	6	3	10
	1	4	2	7
p_j	0,2	0,3	0,3	0,2

4. Объем спроса на товар *A* на данном рынке определяется формулой $Qd=9–P$, объем предложения – формулой $Qs=-6+2P$, где *P* – цена товара *A*. Найдите равновесную цену и равновесный объем продаж.

5. Найдите нижнюю цену игры, верхнюю цену игры, определите седловую точку, оптимальные чистые стратегии игроков и цену игры, если игра задана следующей матрицей:

	B_1	B_2	B_3	B_4
A_1	8	-2	9	-3
A_2	6	5	6	8
A_3	-2	4	-9	5

6. Дана игра 4×4 с матрицей. Упростить игру путем вычеркивания дублирующих и заведомо невыгодных стратегий.

	B_1	B_2	B_3	B_4

A_1	1	2	4	3
A_2	0	2	3	2
A_3	1	2	4	3
A_4	4	3	1	0

7. Дана игра 5×5 с матрицей:

	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
A_1	2	5	8	10	11
A_2	7	4	5	8	7
A_3	1	2	3	4	5
A_4	6	3	2	7	6
A_5	1	4	7	8	8

Упростить игру путем вычеркивания дублирующих и заведомо невыгодных стратегий.

8. Игра задана матрицей 2×2

	B_1	B_2
A_1	0,2	0,8
A_2	0,7	0,3

Найти решение игры.

9. Упростить матрицу и решить игру аналитически и графически:

	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
A_1	5	6	5	7	5
A_2	9	8	6	8	6
A_3	12	8	10	12	10
A_4	6	7	5	6	5
A_5	9	10	10	8	10

10. Найти: максимальный средний ожидаемый выигрыш; минимальный средний ожидаемый риск.

	4	1	7	4
	2	3	4	11
	8	6	3	10
	1	4	2	7
p_j	0,2	0,3	0,3	0,2

11. Матрица последствий дополнена вероятностями возможных ситуаций p_j. Найти: максимальный средний ожидаемый выигрыш; минимальный средний ожидаемый риск.

	6	3	9	5
	3	4	5	13
	9	6	4	11
	2	5	3	9

p_j	*0,3*	*0,1*	*0,2*	*0,4*

12. Пусть существуют платежная матрица игрока A и платежная матрица игрока B:

$$A = \begin{pmatrix} -10 & \mathbf{2} \\ \mathbf{1} & -1 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} \mathbf{5} & -2 \\ -1 & \mathbf{1} \end{pmatrix}$$

Определить равновесную ситуацию.

13. Решить задачу графическим и аналитическим методами.

$f(x)=x_1+2x_2 \rightarrow max$

$$\begin{cases} 4x_1 - 2x_2 \le 12 \\ -x_1 + 3x_2 \le 6 \\ 2x_1 + 4x_2 \ge 16 \\ x_i \ge 0, \quad i = \overline{1,2} \end{cases}$$

14. Привести к канонической форме следующие задачи ЛП.

а. $f(x)=x_1-x_2+x_3 \rightarrow min$

$$\begin{cases} 2x_1 - x_2 + 3x_3 \le 5 \\ x_1 + 2x_2 = 8 \\ -x_1 - 2x_2 \ge 1 \\ x_i \ge 0, \quad i = \overline{1,2} \end{cases}$$

б. $f(x)=2x_1+x_2-x_3 \rightarrow max$

$$\begin{cases} x_1 - 2x_2 + x_3 \ge 4 \\ x_1 + x_2 - 3x_3 \le 9 \\ x_1 + 3x_2 + 2x_3 = 10 \\ x_i \ge 0, \quad i = \overline{1,3} \end{cases}$$

15. Решить задачу симплекс-методом.

$f(x)=2x_1-x_2+x_3-2x_4+5x_5 \rightarrow max$

$$\begin{cases} -x_1 + x_2 + x_3 = 1 \\ x_1 - x_2 + x_4 = 1 \\ x_1 + x_2 + x_5 = 2 \\ x_i \ge 0, \quad i = \overline{1,5} \end{cases}$$