**ЗАДАНИЕ ДЛЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА (2-3 КУРС)**

**Задачи студента по курсовому проекту**

1. Каждый студент получает свою общую задачу дискретной оптимизации (перечень задач и их словесные формулировки даны в приложении 5), для которой необходимо построить математическую модель.
2. Каждый студент получает индивидуальную задачу (с конкретными значениями исходных параметров), соответствующую общей задаче из п.1 (данные частных задач приведены в приложении 6). Для нее необходимо построить два допустимых решения.
3. Студент должен выбрать алгоритм решения задачи, обосновать его выбор и программно реализовать его с использованием ООП – должны быть представлены класс задачи (class Problem), класс решения (class Solution) и класс алгоритма (class Algorithm). Создать консольное приложение, которое должно находить по 2 локальных оптимума индивидуальных задач.
4. Студент должен подготовить текст курсового проекта (его детальная структура приведена в приложении 2).
5. Студент должен подготовить доклад и выступить с ним по курсовому проекту (3 минуты на выступление).

Работа каждого студента оценивается согласно методике оценки (указана в приложении 3).

**Оглавление**

[ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Перечень задач и литература 2](#_Toc434839615)

[ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Структура курсового проекта 3](#_Toc434839616)

[ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Методика оценки курсового проекта 4](#_Toc434839617)

[ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Титульный лист отчета по типовому проекту 5](#_Toc434839618)

[ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Словесные формулировки задач 6](#_Toc434839619)

[ПРИЛОЖЕНИЕ 6. Данные частных задач 8](#_Toc434839620)

# ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Перечень задач и литература

1. Найти в графе вершинное покрытие минимальной мощности.
2. Найти в графе независимое множество максимальной мощности.
3. Найти в графе доминирующее множество минимальной мощности.
4. Найти в графе максимальное паросочетание.
5. Найти в графе минимальное реберное покрытие.
6. Найти в графе простой путь максимальной длины.
7. Найти в полном взвешенном графе гамильтонов цикл минимальной длины.
8. Найти в графе двудольный подграф с максимальным числом вершин.
9. Найти в графе двудольный подграф с максимальным числом ребер.
10. Найти во взвешенном графе остов минимального веса.
11. Найти во взвешенном графе остов максимального веса.
12. Найти равномерное разбиение графа на 2 подграфа с минимальным сечением.

**Рекомендуемая литература:**

1. Асанов М.О., Баранов В.А., Расин В.В. [Дискретная математика: Графы, Матроиды, Алгоритмы](http://www.chasolimp.de/lipsky4.htm#2). – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001, 288 с.
2. Емеличев В.А. и др. Лекции по теории графов М.:Наука, гл. ред. Физ.-мат. Лит., 1990.- 384с.
3. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. М.: Мир, 1982, .- 416с.
4. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. – М.: Мир, 1978.
5. Пападимитриу Х., Стайглиц К. Комбинаторная оптимизация: Алгоритмы и сложность. М.: Мир, 1985
6. Рейнгольд Э., Нивергельт Ю., Део Н. Комбинаторные алгоритмы. Теория и практика. М., Мир, 1980.

# ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Структура курсового проекта

**Титульный лист** (см. приложение 4)

**Содержание**

**Введение**

1. Отметить актуальность задачи с примерами её практического применения.
2. Привести обзор и классифицировать известные подходы к решению рассматриваемой задачи (точные/приближенные/эвристические, детерминированные/рандомизированные, конструктивные/итерационные).
3. Привести обоснование выбора конкретного алгоритма для решения задачи, обозначить его место в классификации.
4. Сформулировать цель курсового проекта и его задачи.

**1. Формальная постановка задачи**

1. Описать исходные данные задачи.
2. Построить математическую модель задачи, для чего формализовать понятие "решения задачи" и привести ограничения задачи.
3. Сформулировать критерий задачи.
4. Отметить математическую сложность задачи.

**2. Алгоритм решения задачи**

1. Детально описать выбранный алгоритм.
2. Представить реализацию алгоритма для выбранной задачи.

**3. Программная реализация и эксперимент**

1. Представить программную реализацию алгоритма (в приложении)
2. Привести результаты эксперимента и сформулировать выводы.
3. Показать допустимость найденных решений привести значения критериев.

**Заключение**

1. Указать что нужно было сделать в рамках курсового проекта.
2. Перечислить, что удалось сделать, что сделать не получилось и в чем причина неудачи.

**Литература**

должны быть перечислины 5-10 источников: методы решения задачи, доказательство NP-трудности, практические приложения задачи, программные средства. (ссылки указываются в тексте работы)

**Приложение** (код программы)

# ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Методика оценки курсового проекта

Результатами курсового проекта являются: текст курсового проекта, код программы с реализацией алгоритма и доклад. По каждому результату определен перечень оценочных позиций. Каждая позиция оценивается по 3 бальной шкале: 0 – результат по этой позиции отсутствует, 1 – результат неполный и/или имеются ошибки, 2 – результат получен. По интегральному показателю рассчитывается оценка студента.

|  |  |
| --- | --- |
| **Оценка** | **Количество баллов** |
| Плохо | 0-3 |
| Неудовлетворительно | 4-6 |
| Удовлетворительно | 7-11 |
| Хорошо | 12-15 |
| Очень хорошо | 16-20 |
| Отлично | 21-22 |
| Превосходно | 23-24 |

|  |  |
| --- | --- |
| **Оценка** | **Количество баллов** |
| Зачтено | 7-24 |
| Не зачтено | 0-6 |

**Перечень оцениваемых позиций по тексту курсового проекта**

1. Раскрыта актуальность задачи с практическими примерами.
2. Приведён обзор и классификация подходов.
3. Обозначено место рассматриваемого алгоритма в классификации подходов.
4. Приведено обоснование выбора алгоритма
5. Сформулированы цель и задачи курсового проекта.
6. Описаны исходные данные задачи.
7. Построена математическая модель задачи и сформулирован критерий задачи.
8. Отмечена математическая сложность задачи.
9. Представлена реализация алгоритма для выбранной задачи.
10. Приведены результаты эксперимента и сформулированы выводы.
11. Приведена проверка полученных решений на допустимость.
12. В работе (в тексте) имеют место ссылки на источники по тематике курсового проекта.

# ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Титульный лист отчета по типовому проекту

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**

«Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

Институт информационных технологий, математики и механики

Кафедра информатики и автоматизации научных исследований

Направление подготовки: «Прикладная информатика»

ОТЧЕТ ПО ТИПОВОМУ КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

ТЕМА

**РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА**

**…….**

**ДЛЯ ЗАДАЧИ**

**…**

Выполнил:

студент группы \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

подпись

Научный руководитель:

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

подпись

Нижний Новгород

ХХХХ(год)

# ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Словесные формулировки задач

Примем обозначения:

* ребро ***e*** инцидентно вершине ***v*** (ребро ***e*** проходит через вершину ***v***) или вершина ***v*** принадлежит ребру ***e***.
* Множество ***T*** – множество связных графов без циклов (деревьев)
* ***w(e)*** – вес ребра ***e***

1. **Найти в графе вершинное покрытие минимальной мощности.**

Пусть дан связный граф G=(V,E), где V – множество вершин, Е – множество ребер. Необходимо найти такое подмножество вершин , чтобы для любого ребра графа хотя бы одна из вершин ребра входила в это подмножество, т.е. найти . Задача состоит в поиске подмножества с минимальной мощностью.

1. **Найти в графе независимое множество максимальной мощности.**

Пусть дан связный граф G=(V,E), где V – множество вершин, Е – множество ребер. Необходимо найти такое подмножество вершин , что для любой пары вершин из этого подмножества не существует связывающего их ребра, т.е. найти . Задача состоит в поиске подмножества максимальной мощности.

1. **Найти в графе доминирующее множество минимальной мощности.**

Пусть дан связный граф G=(V,E), где V – множество вершин, Е – множество ребер. Необходимо найти такое подмножество вершин , что для любой вершины, не входящей в это подмножество, существует смежная вершина из этого подмножества, т.е. найти такое, что . Задача состоит в поиске подмножества с минимальной мощностью.

1. **Найти в графе максимальное паросочетание.**

Пусть дан связный граф G=(V,E), где V – множество вершин, Е – множество ребер. Необходимо найти такое подмножество ребер , что для любой пары ребер из этого подмножества не существует общей вершины, т.е. найти такое, что  
. Задача состоит в поиске подмножества максимальной мощности.

1. **Найти в графе минимальное реберное покрытие.**

Пусть дан связный граф G=(V,E), где V – множество вершин, Е – множество ребер. Необходимо найти такое подмножество ребер , чтобы для любой вершины графа нашлось ребро из этого подмножества, которому вершина бы принадлежала, т.е. такое , что . Задача состоит в поиске подмножества с минимальной мощностью.

1. **Найти в графе простой путь максимальной длины.**

Пусть дан связный граф G=(V,E), где V – множество вершин, Е – множество ребер. Необходимо такое подмножество ребер, чтобы они составляли простой путь (путь без циклов). Задача состоит в поиске подмножества максимальной мощности.

1. **Найти в полном взвешенном графе гамильтонов цикл минимальной длины.**

Пусть дан полный взвешенный граф G=(V,E), где V – множество вершин, Е – множество ребер. Необходимо найти Гамильтонов цикл (цикл, проходящий каждую вершину графа один и только один раз), имеющий минимальный суммарный вес.

1. **Найти в графе двудольный подграф с максимальным числом вершин.**

Пусть дан связный граф G=(V,E), где V – множество вершин, Е – множество ребер. Необходимо найти двудольный подграф этого графа, содержащий наибольшее число вершин исходного графа.

1. **Найти в графе двудольный подграф с максимальным числом ребер.**

Пусть дан связный граф G=(V,E), где V – множество вершин, Е – множество ребер. Необходимо найти двудольный подграф этого графа, содержащий наибольшее число ребер исходного графа.

1. **Найти во взвешенном графе остов минимального веса.**

Пусть дан связный взвешенный граф G=(V,E), где V – множество вершин, Е – множество ребер. Необходимо найти такой остов (остовное дерево), чтобы суммарный вес входящих в него ребер был минимальным.

1. **Найти во взвешенном графе остов максимального веса.**

Пусть дан связный взвешенный граф G=(V,E), где V – множество вершин, Е – множество ребер. Необходимо найти такой остов (остовное дерево), чтобы суммарный вес входящих в него ребер был максимальным.

1. **Найти равномерное разбиение графа на 2 подграфа с минимальным сечением.**

Пусть дан связный граф G=(V,E), где V – множество вершин, Е – множество ребер. Необходимо разбить множество вершин на два подмножества с равным числом вершин так, чтобы суммарный вес ребер, соединяющий эти два подмножества был минимальным.

# ПРИЛОЖЕНИЕ 6. Данные частных задач

Данные частных задач заданы при помощи матрицы смежности или матрицы весовых коэффициентов (в случае задачи коммивояжера и поиска островного дерева).

Если ребро из вершины с номером i в вершину с номером j существует, то на пресечении строки с номером i со столбцом с номером j стоит 1, иначе 0.

1. **Найти в графе вершинное покрытие минимальной мощности.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| **1** | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| **2** | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| **3** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **4** | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| **5** | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| **6** | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| **7** | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| **8** | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| **9** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| **10** | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |

1. **Найти в графе независимое множество максимальной мощности.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| **1** | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| **2** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| **3** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| **4** | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| **5** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| **6** | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| **7** | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| **8** | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| **9** | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **10** | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |

1. **Найти в графе доминирующее множество минимальной мощности.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| **1** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| **2** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| **3** | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **4** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| **5** | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| **6** | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| **7** | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| **8** | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| **9** | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| **10** | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

1. **Найти в графе максимальное паросочетание.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| **1** | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| **2** | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| **3** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| **4** | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| **5** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **6** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **7** | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **8** | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **9** | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| **10** | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |

1. **Найти в графе минимальное реберное покрытие.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| **1** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| **2** | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| **3** | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| **4** | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| **5** | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **6** | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **7** | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| **8** | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| **9** | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| **10** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |

1. **Найти в графе простой путь максимальной длины.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| **1** | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| **2** | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| **3** | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| **4** | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| **5** | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **6** | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| **7** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| **8** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| **9** | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| **10** | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |

1. **Найти в полном взвешенном графе гамильтонов цикл минимальной длины.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| **1** | # | 7 | 5 | 3 | 1 | 5 | 2 | 6 | 7 | 5 |
| **2** | 7 | # | 2 | 4 | 5 | 4 | 6 | 1 | 3 | 4 |
| **3** | 5 | 2 | # | 4 | 7 | 7 | 5 | 3 | 6 | 1 |
| **4** | 3 | 4 | 4 | # | 6 | 7 | 1 | 5 | 7 | 3 |
| **5** | 1 | 5 | 7 | 6 | # | 2 | 3 | 6 | 5 | 7 |
| **6** | 5 | 4 | 7 | 7 | 2 | # | 4 | 5 | 3 | 8 |
| **7** | 2 | 6 | 5 | 1 | 3 | 4 | # | 7 | 7 | 6 |
| **8** | 6 | 1 | 3 | 5 | 6 | 5 | 7 | # | 2 | 4 |
| **9** | 7 | 3 | 6 | 7 | 5 | 3 | 7 | 2 | # | 5 |
| **10** | 5 | 4 | 1 | 3 | 7 | 8 | 6 | 4 | 5 | # |

1. **Найти в графе двудольный подграф с максимальным числом вершин.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| **1** | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **2** | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| **3** | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| **4** | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| **5** | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **6** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| **7** | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| **8** | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **9** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **10** | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |

1. **Найти в графе двудольный подграф с максимальным числом ребер.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| **1** | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **2** | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| **3** | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| **4** | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| **5** | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **6** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| **7** | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| **8** | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **9** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **10** | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |

1. **Найти во взвешенном графе остов минимального веса.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| **1** | 0 | 0 | 9 | 9 | 2 | 8 | 0 | 0 | 0 | 7 |
| **2** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 5 |
| **3** | 9 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 4 | 0 | 3 | 3 |
| **4** | 9 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 5 | 4 | 0 | 3 |
| **5** | 2 | 0 | 5 | 2 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1 |
| **6** | 8 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 2 | 4 | 0 | 1 |
| **7** | 0 | 0 | 4 | 5 | 4 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| **8** | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 4 | 0 | 0 | 5 | 0 |
| **9** | 0 | 4 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 5 | 0 | 0 |
| **10** | 7 | 5 | 3 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

1. **Найти во взвешенном графе остов максимального веса.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| **1** | 0 | 0 | 9 | 9 | 2 | 8 | 0 | 0 | 0 | 7 |
| **2** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 5 |
| **3** | 9 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 4 | 0 | 3 | 3 |
| **4** | 9 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 5 | 4 | 0 | 3 |
| **5** | 2 | 0 | 5 | 2 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1 |
| **6** | 8 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 2 | 4 | 0 | 1 |
| **7** | 0 | 0 | 4 | 5 | 4 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| **8** | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 4 | 0 | 0 | 5 | 0 |
| **9** | 0 | 4 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 5 | 0 | 0 |
| **10** | 7 | 5 | 3 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

1. **Найти равномерное разбиение графа на 2 подграфа с минимальным сечением.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| **1** | 0 | 0 | 3 | 5 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| **2** | 0 | 0 | 5 | 4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| **3** | 3 | 5 | 0 | 0 | 3 | 0 | 8 | 2 | 4 | 0 |
| **4** | 5 | 4 | 0 | 0 | 4 | 1 | 7 | 0 | 0 | 2 |
| **5** | 0 | 0 | 3 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 |
| **6** | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 |
| **7** | 5 | 0 | 8 | 7 | 0 | 8 | 0 | 5 | 0 | 0 |
| **8** | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 6 | 5 |
| **9** | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 |
| **10** | 0 | 0 | 0 | 2 | 7 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 |