

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ**  
**ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)**  
**Кафедра МО ЭВМ**

**ОТЧЕТ**  
**по лабораторной работе №3**  
**по дисциплине «Построение и анализ алгоритмов»**  
**Тема: Максимальный поток**

Студентка гр. 9382

Голубева В.П.

Преподаватель

Фирсов М.А.

Санкт-Петербург

2021

### **Цель работы.**

Научиться находить величину потока в ориентированном графе, изучить и реализовать алгоритм Форда-Фалкерсона.

### **Задание.**

Найти максимальный поток в сети, а также фактическую величину потока, протекающего через каждое ребро, используя алгоритм Форда-Фалкерсона.

Сеть (ориентированный взвешенный граф) представляется в виде триплета из имён вершин и целого неотрицательного числа - пропускной способности (веса).

Входные данные:

Входные данные:

$N$  - количество ориентированных рёбер графа

$v_0$  - исток

$v_n$  - сток

$v_i v_j \omega_{ij}$  - ребро графа

$v_i v_j \omega_{ij}$  - ребро графа

...

Выходные данные:

$P_{\max}$  - величина максимального потока

$v_i v_j \omega_{ij}$  - ребро графа с фактической величиной протекающего потока

$v_i v_j \omega_{ij}$ - ребро графа с фактической величиной протекающего потока

...

В ответе выходные рёбра отсортируйте в лексикографическом порядке по первой вершине, потом по второй (в ответе должны присутствовать все указанные входные рёбра, даже если поток в них равен 0).

Вариант 1. Поиск в ширину. Поочерёдная обработка вершин текущего фронта, перебор вершин в алфавитном порядке.

### **Описание структур данных**

Класс Graph. Принимает на вход граф в виде матрицы смежностей

Метод `searchBFS(self, source, outlet, parent)` класса Graph получает на вход вершину источник, вершину сток и список для поиска родителей(используем для хранения пути от источника до стока, если он есть).

Метод `findFlowSize(self, source, outlet, graph, parent)` - получает на вход вершину источник, вершину сток, граф и путь по нему, возвращает величину потока, которую можно пустить через этот путь.

Метод `algoFordFulkerson(self, source, outlet, flow_graph)` получает на вход вершину источник, вершину сток и граф для записи результата нахождения потока.

### **Описание алгоритма**

Вводим данные, формируем матрицу смежностей. Передаём её в функцию `algoFordFulkerson` для нахождения максимального потока. Пока можем найти путь, ищем его функцией `searchBFS` - в поиске в ширину проходим подряд по соседям вершин, извлеченным из очереди вершин,

начиная от источника. Если находим не посещённую вершину, в которую можно пойти, то заносим её в очередь, а в список родителей заносим извлеченную вершину. Затем если мы обошли все вершины и нашли путь, возвращаем из функции true. Находим величину потока через найденный путь, добавляем величину к величине максимального потока, обновляем значения в исходном графе и в графе для потока.

### **Оценка сложности по памяти**

Храним матрицу смежностей – наш вводимый граф и матрицу смежностей для графа результата, обе размером  $N \times N$ , где  $N$  – количество уникальных вершин в графе. Также храним список этих вершин и словарь с ними для интерпретации вершины и индекса в матрице, оба размера  $N$ .

Таким образом, сложность по памяти  $O(2 \cdot N^2)$

### **Оценка сложности по времени**

В худшем случае каждый раз нам придется перебирать все вершины для поиска потока на текущем шаге и таких проходов будет максимум столько, сколько рёбер в графе ( $M$ ).

Сложность по времени  $O(M \cdot N^2)$

### **Тестирование**

Результаты тестирования программы можно посмотреть в приложении В.

### **Выводы.**

Был изучен поиск потока в ориентированном графе и написана программа, которая его реализует.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### ИСХОДНЫЙ КОД ПРОГРАММЫ

Название файла: l3.py

```
class Graph:

    def __init__(self, graph):
        self.graph = graph
        self.row = len(graph)

    def searchBFS(self, source, outlet, parent):

        visited = self.row * [False] #list
        queue = [source]

        visited[source] = True

        while queue:
            vertex = queue.pop(0)

            for ind, value in enumerate(self.graph[vertex]):
                if visited[ind] == False and value > 0: #check vertice
                    for find flow
                        queue.append(ind)
                        visited[ind] = True
                        parent[ind] = vertex
            if visited[outlet]:
                return True
            return False

    def findFlowSize(self, source, outlet, graph, parent):

        flow_size = 10000
        vertex = outlet
        while vertex != source:
```

```

        if self.graph[parent[vertex]][vertex] < flow_size:
            flow_size = self.graph[parent[vertex]][vertex]
        vertex = parent[vertex]

    return flow_size

def algoFordFulkerson(self, source, outlet, flow_graph):

    parent = self.row * [-1]
    max_flow = 0

    while self.searchBFS(source, outlet, parent):

        #find flow size to this path
        flow_size = self.findFlowSize(source, outlet, graph,
parent)

        max_flow += flow_size

        vertex = outlet
        #update graph
        while vertex != source:
            u = parent[vertex]
            self.graph[u][vertex] -= flow_size
            self.graph[vertex][u] += flow_size
            flow_graph[u][vertex] += flow_size
            flow_graph[vertex][u] -= flow_size
            vertex = parent[vertex]
        print("\nCanging graphes...")
        print ("Current adjacency matrix")
        self.printGraph(graph)
        print("\nCurrent flow graph adjacency matrix")
        self.printGraph(flow_graph)

    return max_flow

```

```

def printGraph(self, graph):
    for i in range(self.row):
        print(graph[i])

count = int(input())
source = input()
outlet = input()
input_list = []
dict_ver = {}
list_of_vertice = []
size = 0

for i in range(count): # compute a count of defferent vertex
    input_list.append(input())
    b = input_list[i].split(" ")
    if b[0] not in list_of_vertice:
        list_of_vertice.append(b[0])
        size +=1
    if b[1] not in list_of_vertice:
        list_of_vertice.append(b[1])
        size += 1

list_of_vertice.sort()
for i in range(size):
    dict_ver[list_of_vertice[i]] = i

graph = [[0 for x in range(size)] for y in range(size)] #incoming
adjecency graph
flow_graph = [[0 for x in range(size)] for y in range(size)] #
outcoming adjecency graph

for i in range(count):
    b = input_list[i].split(" ")
    graph[dict_ver[b[0]]][dict_ver[b[1]]] = int(b[2])

```

```

res_graph = Graph(graph)

flow = res_graph.algoFordFulkerson(dict_ver[source], dict_ver[outlet],
flow_graph)

print("\nResult flow: \n")
print(flow)

for ind, value in enumerate(input_list):
    # compute flow in this edge
    v = value.split(" ")
    a = int(flow_graph[dict_ver[v[0]]][dict_ver[v[1]]])
    if a < 0:
        a = 0
    new_str = "{} {} {}".format(value[0], value[2], a)
    input_list[ind] = new_str

input_list.sort()

for i in input_list:
    print(i)

```



## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### ТЕСТИРОВАНИЕ

Входные данные	Выходные данные
8	Canging graphes...
a	Current adjacency matrix
h	[0, 0, 4, 2, 0, 0, 0, 0]
a c 8	[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
a d 2	[4, 0, 0, 16, 0, 0, 0, 0]
c d 16	[0, 0, 0, 0, 0, 0, 6, 0]
c f 4	[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
d g 6	[0, 0, 4, 0, 0, 0, 0, 1]
g f 18	[0, 0, 0, 0, 0, 18, 0, 5]
g h 5	[0, 0, 0, 0, 0, 4, 0, 0]
f h 5	
	Current flow graph
	[0, 0, 4, 0, 0, 0, 0, 0]
	[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
	[-4, 0, 0, 0, 0, 4, 0, 0]
	[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
	[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
	[0, 0, -4, 0, 0, 0, 0, 4]
	[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
	[0, 0, 0, 0, 0, -4, 0, 0]
	Canging graphes...
	Current adjacency matrix
	[0, 0, 4, 0, 0, 0, 0, 0]
	[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
	[4, 0, 0, 16, 0, 0, 0, 0]
	[2, 0, 0, 0, 0, 0, 4, 0]
	[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
	[0, 0, 4, 0, 0, 0, 0, 1]

	<p>[0, 0, 0, 2, 0, 18, 0, 3]</p> <p>[0, 0, 0, 0, 0, 4, 2, 0]</p> <p>Current flow graph</p> <p>[0, 0, 4, 2, 0, 0, 0, 0]</p> <p>[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]</p> <p>[-4, 0, 0, 0, 0, 4, 0, 0]</p> <p>[-2, 0, 0, 0, 0, 0, 2, 0]</p> <p>[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]</p> <p>[0, 0, -4, 0, 0, 0, 0, 4]</p> <p>[0, 0, 0, -2, 0, 0, 0, 2]</p> <p>[0, 0, 0, 0, 0, -4, -2, 0]</p> <p>Canging graphes...</p> <p>Current adjacency matrix</p> <p>[0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0]</p> <p>[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]</p> <p>[7, 0, 0, 13, 0, 0, 0, 0]</p> <p>[2, 0, 3, 0, 0, 0, 1, 0]</p> <p>[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]</p> <p>[0, 0, 4, 0, 0, 0, 0, 1]</p> <p>[0, 0, 0, 5, 0, 18, 0, 0]</p> <p>[0, 0, 0, 0, 0, 4, 5, 0]</p> <p>Current flow graph</p> <p>[0, 0, 7, 2, 0, 0, 0, 0]</p> <p>[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]</p> <p>[-7, 0, 0, 3, 0, 4, 0, 0]</p> <p>[-2, 0, -3, 0, 0, 0, 5, 0]</p> <p>[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]</p> <p>[0, 0, -4, 0, 0, 0, 0, 4]</p> <p>[0, 0, 0, -5, 0, 0, 0, 5]</p> <p>[0, 0, 0, 0, 0, -4, -5, 0]</p>
--	---

	<p>Canging graphes...</p> <p>Current adjacency matrix</p> <p>[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]</p> <p>[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]</p> <p>[8, 0, 0, 12, 0, 0, 0, 0]</p> <p>[2, 0, 4, 0, 0, 0, 0, 0]</p> <p>[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]</p> <p>[0, 0, 4, 0, 0, 0, 1, 0]</p> <p>[0, 0, 0, 6, 0, 17, 0, 0]</p> <p>[0, 0, 0, 0, 0, 5, 5, 0]</p> <p>Current flow graph</p> <p>[0, 0, 8, 2, 0, 0, 0, 0]</p> <p>[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]</p> <p>[-8, 0, 0, 4, 0, 4, 0, 0]</p> <p>[-2, 0, -4, 0, 0, 0, 6, 0]</p> <p>[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]</p> <p>[0, 0, -4, 0, 0, 0, -1, 5]</p> <p>[0, 0, 0, -6, 0, 1, 0, 5]</p> <p>[0, 0, 0, 0, 0, -5, -5, 0]</p> <p>Result flow:</p> <p>10</p> <p>a c 8</p> <p>a d 2</p> <p>c d 4</p> <p>c f 4</p> <p>d g 6</p> <p>f h 5</p> <p>g f 1</p> <p>g h 5</p>
--	--

7 a f a b 7 a c 6 b d 6 c f 9 d e 3 d f 4 e c 2	... 12 a b 6 a c 6 b d 6 c f 8 d e 2 d f 4 e c 2
5 a e a b 8 b c 10 b e 3 a e 4 c e 2	... 9 a b 5 a e 4 b c 2 b e 3 c e 2
4 a c a b 2 b c 1 c d 1 c a 1	... 1 a b 1 b c 1 c a 0 c d 0
5 b d a c 5 a b 6 c d 3 b c 2	... 2 a b 0 a c 0 a d 0 b c 2 c d 2

a d 4	
-------	--