

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

ОТЧЕТ
по лабораторной работе №6
по дисциплине «Методы оптимизации»
ТЕМА: ЗАДАЧА КОММИВОЯЖЕРА

Студент гр. 1384

Усачева Д.В.

Студент гр. 1384

Бобков В. Д.

Студент гр. 1384

Пчелинцева К.Р.

Преподаватель

Балтрашевич В.Э.

Санкт-Петербург

2023

Цели работы.

Решение задачи коммивояжера с помощью метода ветвей и границ

Задача.

Есть n городов. Надо объехать все города с минимальной стоимостью (расстоянием) и вернуться в исходный город. При этом каждый город посещается ровно один раз (т. е. требуется найти Гамильтонов цикл с минимальной стоимостью).

Основные теоретические сведения.

Матрица стоимостей путей

$$\mathbf{A} = \begin{array}{c|cccc} & 1 & \dots & \dots & n \\ \hline 1 & \infty & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 2 & a_{21} & \infty & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ n & a_{n1} & a_{n2} & \dots & \infty \end{array}$$

где a_{ij} — стоимость пути от i до j , причём a_{ij} может быть $\neq a_{ji}$, $a_{ij} \geq 0 \forall i, j$.

Допустимый маршрут содержит по одному элементу в каждой строке и столбце. Обратное неверно, так как возможны подциклы. Количество возможных вариантов $n!$.

Составим математическую модель.

Обозначим $x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{если дуга входит в маршрут,} \\ 0 & \text{если дуга не входит в маршрут;} \end{cases}$

$$\min \sum_i \sum_j a_{ij} x_{ij} \text{ —? , причём } \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, j = \overline{1, n}, x_{ij} \in \{0, 1\}; \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, i = \overline{1, n}.$$

Приведённые ограничения разрешают циклы, поэтому они являются необходимыми, но не достаточными.

Используем МВГ. Предположим, что выбран некоторый путь S , его длина $\ell_S = \sum_{ij} a_{ij}$, причем каждый из индексов используется один и только один раз.

Так как в путь S входит только один элемент из каждой строки и столбца, то можно проделать операцию нормализации матрицы \mathbf{A} . Выберем произвольную строку i . Пусть λ_i — наименьший элемент i -й строки и построим матрицу \mathbf{A}' с элементами $a'_{ij} = a_{ij} - \lambda_i$ (изменена каждая строка).

Матрица \mathbf{A}' определяет новую задачу коммивояжера, которая в качестве оптимальной будет иметь ту же последовательность городов:

$$\ell_S = \ell'_S + \sum_{i=1}^n \lambda_i.$$

Теперь в каждой строке \mathbf{A}' будет по крайней мере один нулевой элемент. Обозначим g_j — минимальный элемент j -го столбца \mathbf{A}' . Построим матрицу \mathbf{A}'' с элементами $a''_{ij} = a'_{ij} - g_j$.

Оптимальный путь тот же, а длина $\ell_S = \ell''_S + d_0$, где $d_0 = \sum_{i=1}^n \lambda_i + \sum_{j=1}^n g_j$.

Обозначим ℓ^* — решение задачи коммивояжера (ЗК): $\ell^* = \min_{S \in S} \ell_S$. Тогда значение d_0 — простейшая нижняя оценка решения ℓ^* :

$$d_0 \leq \ell^*, \quad (4.1)$$

где d_0 — это α_0 для МВГ.

Рассмотрим ЗК с матрицей \mathbf{A}'' . Пусть путь S содержит переход $i \rightarrow j$. Тогда нижняя оценка пути: $\ell_S \geq d_0 + a''_{ij}$.

Следовательно, для тех переходов, у которых $a''_{ij} = 0$, снова получим оценку (4.1). Естественно ожидать, что кратчайший путь содержит один из таких переходов.

Рассмотрим один из переходов $i \rightarrow j$, для которого $a_{ij}'' = 0$.

Обозначим $(i \nrightarrow j)$ — множество всех тех путей, которые не содержат переход $i \rightarrow j$.

Так как из города i надо куда-то идти, то множество $(i \nrightarrow j)$ содержит один из переходов $i \rightarrow k$, $k \neq j$.

Так как в город j надо прийти, то множество $(i \nrightarrow j)$ содержит переход $m \rightarrow j$, где $m \neq i$.

Следовательно, некоторый путь ℓ_s из множества $(i \nrightarrow j)$, содержащего переходы $i \rightarrow k$, $m \rightarrow j$, будет иметь следующую нижнюю оценку: $\ell_s \geq d_0 + a_{ik}'' + a_{mj}''$.

Обозначим: $\Theta_{ij} = \min_{k \neq j} a_{ik}'' + \min_{m \neq i} a_{mj}''$.

Для любого из множества путей $(i \nrightarrow j)$ имеем оценку:

$$\ell_s \geq d_0 + \Theta_{ij}. \quad (4.2)$$

Чтобы исключить некоторое множество вариантов $(i \nrightarrow j)$, надо выбрать такой переход $i \rightarrow j$, для которого оценка (4.2) была бы максимальной:

$$\Theta^* = \max_{\{a_{ij}'': a_{ij}'' = 0\}} \left(\min_{k \neq j} a_{ik}'' + \min_{m \neq i} a_{mj}'' \right).$$

Таким образом, все множество возможных вариантов мы разбили на 2 множества: I_1 , I_2 . Для путей из множества I_1 — оценка (4.1). Для путей из множества I_2 — оценка $\ell_s \geq d_0 + \Theta^*$.

Для I_2 матрица A_2 будет отличаться от матрицы A'' тем, что $a_{ij} := \infty$ (переход $i \rightarrow j$ запрещен).

Рассмотрим множество I_1 и матрицу A'' .

Так как все пути, принадлежащие этому множеству, содержат переход $i \rightarrow j$, то для его исследования достаточно рассмотреть ЗК, в которой города i и j совпадают (из A'' вычеркивается i -я строка и j -й столбец).

Размерность этой задачи $n - 1$.

Так как переход $j \rightarrow i$ невозможен, то элемент матрицы A_1 : $a_{ji} := \infty$. Точнее, так как элемента a_{ji} может не быть, маршрут, определяемый дугой (i, j) , содержит сколько-то (может быть, ни одного) из ранее выбранных ребер помимо ребра (i, j) .

Ребро (i, j) будет или изолировано от этих других ребер, или будет частью пути, включающего некоторые или все эти ребра.

Пусть p и q — начальный и конечный города этого пути. Возможно, что $p = i$ или $q = j$. Положим $a_{qp} := \infty$.

Эта мера предохраняет от выбора ребра (q, p) в качестве последующего, а тем самым предохраняет от формирования замкнутого цикла длины $< n$.

В общем случае среди всех полученных множеств вариантов выбираем то, для которого оценка минимальна.

Выполнение работы.

Условие задачи:

```

5
-1 1 2 3 4
1 -1 4 5 6
2 4 -1 7 3
3 5 7 -1 9
6 6 3 9 -1

```

Первый шаг:

Задача коммивояжера

Файл Опции ?

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

5

3

Ввод

Параметры текущего маршрута

Параметры текущего (и рекордного) маршрута

Задача коммивояжера

Файл

Опции

?

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

↑

	1	2	3	4	5
1	∞	0	1	0	2
2	0	∞	3	2	4
3	0	2	∞	3	0
4	0	2	4	∞	5
5	3	3	0	4	∞

Правильно!

Введите величину штрафа:

Если штраф бесконечен, то введите '∞':

Ввод

Параметры текущего маршрута

Параметры текущего (и рекордного) маршрута

Задача коммивояжера

Файл

Опции

?

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

↑

	1	2	3	4	5
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
5	-	-	1	-	-

Введите координаты дуги, по которой надо запретить движение во избежание преждевременного замыкания маршрута:

OK

Параметры текущего маршрута

Параметры текущего (и рекордного) маршрута

Файл Опции ?

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

↑

	1	2	3	4	5
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
5	-	-	1	-	-

Ваши действия:

- ☒ Исследовать текущий маршрут дальше
- ☐ Вернуться назад и попробовать пойти по другому пути
- ☐ Объявить маршрут рекордным и зафиксировать его

✓

Параметры текущего маршрута

Таким образом, выбор 5->3, штраф 4, запрет 3->5, стоимость 15.

Второй шаг:

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

↑

	1	2	4	5
1	∞	0	0	0
2	0	∞	2	2
3	0	2	3	0
4	0	2	∞	3

Введите координаты дуги, исключение которой приводит к наибольшему штрафу. В случае неоднозначности укажите первую встретившуюся при переборе дугу:

1 4

Ввод

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 15
Количество ребер : 1

13
Все
15 (5,3) 17 (5,3)

Задача коммивояжера

Файл Опции ?

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1		∞	1	2	3
2	1			4	5
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

	1	2	4	5
1		∞	0	0
2	0		∞	2
3	0	2	3	0
4	0	2	∞	3



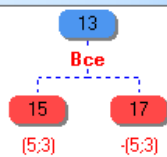
Правильно!
Введите величину штрафа:
Если штраф бесконечен, то введите '∞':

2

Ввод

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 15
Количество ребер : 1



Задача коммивояжера

Файл Опции ?

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1		∞	1	2	3
2	1			4	5
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

	1	2	3	4	5
1		-	2	-	-
2	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
5	-	-	-	1	-



Введите координаты дуги, по которой
надо запретить движение во избежание
преждевременного замыкания маршрута:

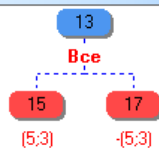
2

1

OK

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 15
Количество ребер : 1



Задача коммивояжера

Файл Опции ?

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

Ваша очередь

Ваши действия:

- ☒ Исследовать текущий маршрут дальше
- ☐ Вернуться назад и попробовать пойти по другому пути
- ☐ Объявить маршрут рекордным и зафиксировать его

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 15
Количество ребер : 1

Таким образом, выбор 1->2, штраф 2, запрет 2->1, стоимость 17,

Третий шаг:

Задача коммивояжера

Файл Опции ?

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

Ваша очередь

Введите координаты дуги, исключение которой приводит к наибольшему штрафу. В случае неоднозначности укажите первую встретившуюся при переборе дугу:

2 4

Ввод

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 17
Количество ребер : 2

Задача коммивояжера

ФайлОпции?

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

	1	4	5
2	0	0	0
3	0	3	0
4	0	∞	3

→

Правильно!

Введите величину штрафа:

Если штраф бесконечен, то введите '∞'.

Ввод

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 17

Количество ребер : 2

13

Все

15

17

(5;3)

-(5;3)

17

17

(1;2)

-(1;2)

Задача коммивояжера

ФайлОпции?

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

	1	2	3	4	5
1	-	2	-	-	-
2	-	-	-	3	-
3	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
5	-	-	1	-	-

→

Введите координаты дуги, по которой надо запретить движение во избежание преждевременного замыкания маршрута:

OK

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 17

Количество ребер : 2

13

Все

15

17

(5;3)

-(5;3)

17

17

(1;2)

-(1;2)

Задача коммивояжера

Файл Опции ?

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 17
Количество ребер : 2

Ваши действия:

- ☒ Исследовать текущий маршрут дальше
- ☐ Вернуться назад и попробовать пойти по другому пути
- ☐ Объявить маршрут рекордным и зафиксировать его

13
Все

15 (5,3) 17 (-5,3)

17 (1,2) 17 (-1,2)

Таким образом, выбор 2->4, штраф 3, запрет 4->1, стоимость 20.

Четвертый шаг:

Задача коммивояжера

Файл Опции ?

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

Введите координаты дуги, исключение которой приводит к наибольшему штрафу. В случае неоднозначности укажите первую встретившуюся при переборе дугу:

3 1

Ввод

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 20
Количество ребер : 3

13
Все

15 (5,3) 17 (-5,3)

17 (1,2) 17 (-1,2)

20 (3,4) 20 (4,3)

Задача коммивояжера

Файл Опции ?

Ввод графа

	1	2	3	4	5	
1		∞	1	2	3	4
2	1			4	5	6
3	2	4			7	3
4	3	5	7			9
5	6	6	3	9		

Правильно!
Введите величину штрафа:
Если штраф бесконечен, то введите '∞':

Ввод

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 20
Количество ребер : 3

Ввод графа

	1	2	3	4	5	
1		∞	1	2	3	4
2	1			4	5	6
3	2	4			7	3
4	3	5	7			9
5	6	6	3	9		

Введите координаты дуги, по которой надо запретить движение во избежание преждевременного замыкания маршрута:

OK

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 20
Количество ребер : 3

Задача коммивояжера

Файл Опции ?

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

	1	2	3	4	5
1	-	2	-	-	-
2	-	-	-	3	-
3	4	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
5	-	-	1	-	-

Ваши действия:

- ☒ Исследовать текущий маршрут дальше
- ☐ Вернуться назад и попробовать пойти по другому пути
- ☐ Объявить маршрут рекордным и зафиксировать его

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 20
Количество ребер : 3

Таким образом, выбор 3->1, штраф „inf“, запрет 4->5.

Пятый шаг:

Задача коммивояжера

Файл Опции ?

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

Введите координаты дуги, исключение которой приводит к наибольшему штрафу. В случае неоднозначности укажите первую встретившуюся при переборе дуги.

4 5

Ввод

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 20
Количество ребер : 4

Задача коммивояжера

Файл Опции ?

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

5

4 0

Правильно!
Введите величину штрафа:
Если штраф бесконечен, то введите '-':

-

Ввод

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 20
Количество ребер : 4

Задача коммивояжера

Файл Опции ?

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

1 2 3 4 5

1 - 2 - - -

2 - - - 3 -

3 4 - - - -

4 - - - - 5

5 - - 1 - -

Ваши действия:

- ☐ Исследовать текущий маршрут дальше
- ☐ Вернуться назад и попробовать пойти по другому пути
- ☒ Объявить маршрут рекордным и зафиксировать его

✓

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 20
Количество ребер : 5

Задача коммивояжера

Файл Оции ?

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

Ваши действия:

- ☐ Исследовать текущий маршрут дальше
- ☐ Вернуться назад и попробовать пойти по другому пути
- ☒ Объявить маршрут рекордным и зафиксировать его

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 20
Количество ребер : 5

Information

Результат:

Маршрут : 4 5 3 1 2 4
Стоимость : 20

OK

Итог: выбор 4->5, штраф „inf“, нашли путь за 20, объявляем рекордным, однако надо посмотреть другие варианты в дереве, т.к. есть листья по 17.

Шестой шаг:

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

Ваши действия:

- ☐ Исследовать текущий маршрут дальше
- ☒ Вернуться назад и попробовать пойти по другому пути
- ☐ Объявить маршрут рекордным и зафиксировать его

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 20
Количество ребер : 5

Рекордный маршрут

Стоимость : 20
Маршрут : 453124

	1	2	3	4	5
1	-	2	-	-	-
2	-	-	-	3	-
3	4	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-

✓

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 20
Количество ребер : 5

Information

Продолжим...

Выберите узел,ss в который надо вернуться !

OK

координатный маршрут.....

Стоимость : 20
Маршрут : 453124

(5,3)

(5,3)

17

17

	1	2	3	4	5
	-	2	-	-	-
	-	-	-	3	-
	4	-	-	-	-
	-	-	-	-	-
	-	-	1	-	-

✓

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 20
Количество ребер : 5

Information

Правильно!

OK

Рекордный маршрут.....

Стоимость : 20
Маршрут : 453124

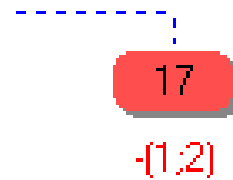
15

(5,3)

17

(5,3)

17



Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

Введите координаты дуги, исключение которой приводит к наибольшему штрафу. В случае неоднозначности укажите первую встретившуюся при переборе дуги:

1

4

Ввод

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 20
Количество ребер : 5

Рекордный маршрут.....

Стоимость : 20
Маршрут : 453124

13

Все

(5,3)

15

(5,3)

17

(5,3)

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

	1	2	4	5
1	∞	∞	0	0
2	0	∞	2	2
3	0	0	3	0
4	0	0	∞	3



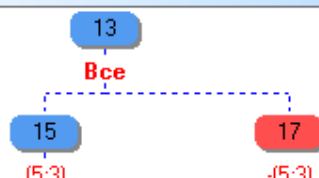
Правильно!
Введите величину штрафа:
Если штраф бесконечен, то введите '∞'.

Ввод

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 20
Количество ребер : 5

-----Рекордный маршрут-----
Стоимость : 20
Маршрут : 453124



Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

	1	2	3	4	5
1	-	-	-	2	-
2	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
5	-	-	1	-	-



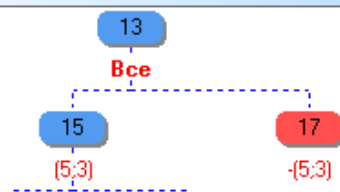
Введите координаты дуги, по которой
надо запретить движение во избежание
преждевременного замыкания маршрута:

OK

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 20
Количество ребер : 5

-----Рекордный маршрут-----
Стоимость : 20
Маршрут : 453124



Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

	1	2	3	4	5
1	-	-	-	2	-
2	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
5	-	-	1	-	-

↑

Ваши действия:

- ☒ Исследовать текущий маршрут дальше
- ☐ Вернуться назад и попробовать пойти по другому пути
- ☐ Объявить маршрут рекордным и зафиксировать его

Параметры текущего маршрута

Стоимость	: 20
Количество ребер	: 5

.....Рекордный маршрут.....

Стоимость	: 20
Маршрут	: 453124

Таким образом, вернулись на уровень выше, на лист с 17. На не запрещен 1->2. Выбор 1->4 (штраф 2), запрет 4->1, продолжаем дальше.

Седьмой шаг:

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

	1	2	5
2	0	∞	0
3	0	0	0
4	0	0	1

↑

Введите координаты дуги, исключение которой приводит к наибольшему штрафу. В случае неоднозначности укажите первую встретившуюся при переборе дугу:

Параметры текущего маршрута

Стоимость	: 19
Количество ребер	: 2

.....Рекордный маршрут.....

Стоимость	: 20
Маршрут	: 453124

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

	1	2	5
2	0	∞	0
3	0	0	0
4	0	0	1



Правильно!
Введите величину штрафа:
Если штраф бесконечен, то введите '∞':

Ввод

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 19
Количество ребер : 2

-----Рекордный маршрут-----
Стоимость : 20
Маршрут : 453124

13

Все

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

	1	2	3	4	5
1	-	-	-	2	-
2	-	-	-	-	3
3	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
5	-	-	1	-	-



Введите координаты дуги, по которой
надо запретить движение во избежание
преждевременного замыкания маршрута:

OK

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 19
Количество ребер : 2

-----Рекордный маршрут-----
Стоимость : 20
Маршрут : 453124

13

Все

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

	1	2	3	4	5
1	-	-	-	2	-
2	-	-	-	-	3
3	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
5	-	-	1	-	-

13
Все

Ваши действия:

- ☒ Исследовать текущий маршрут дальше
- ☐ Вернуться назад и попробовать пойти по другому пути
- ☐ Объявить маршрут рекордным и зафиксировать его

✓

Параметры текущего маршрута

Стоимость	: 19
Количество ребер	: 2

-----Рекордный маршрут-----

Стоимость	: 20
Маршрут	: 453124

Таким образом, выбор 2->5 (штраф 1), запрет 3->2, продолжаем дальше.

Восьмой шаг:

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

	1	2
3	0	0
4	0	0

13
Все

Введите координаты дуги, исключение которой приводит к наибольшему штрафу. В случае неоднозначности укажите первую встретившуюся при переборе дугу:

3

1

Ввод

Параметры текущего маршрута

Стоимость	: 19
Количество ребер	: 3

-----Рекордный маршрут-----

Стоимость	: 20
Маршрут	: 453124

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

	1	2
3	0	0
4	0	0



Правильно!
Введите величину штрафа:
Если штраф бесконечен, то введите '∞':

Ввод

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 19
Количество ребер : 3

-----Рекордный маршрут-----

Стоимость : 20
Маршрут : 453124

13

Все

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

	1	2	3	4	5
1	-	-	-	2	-
2	-	-	-	-	3
3	4	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
5	-	-	1	-	-



Введите координаты дуги, по которой
надо запретить движение во избежание
преждевременного замыкания маршрута:

OK

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 19
Количество ребер : 3

-----Рекордный маршрут-----

Стоимость : 20
Маршрут : 453124

13

Все

15

17

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

	1	2	3	4	5
1	-	-	-	2	-
2	-	-	-	-	3
3	4	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
5	-	-	1	-	-

Ваши действия:

- ☒ Исследовать текущий маршрут дальше
- ☐ Вернуться назад и попробовать пойти по другому пути
- ☐ Объявить маршрут рекордным и зафиксировать его

✓

Параметры текущего маршрута

Стоимость	: 19
Количество ребер	: 3

-----Рекордный маршрут-----

Стоимость	: 20
Маршрут	: 453124

Таким образом, выбор 3->1 (штраф „inf“), запрет 4->2, продолжаем дальше.

Девятый шаг:

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

	2
4	0

Введите координаты дуги, исключение которой приводит к наибольшему штрафу. В случае неоднозначности укажите первую встретившуюся при переборе дугу:

Ввод

Параметры текущего маршрута

Стоимость	: 19
Количество ребер	: 4

-----Рекордный маршрут-----

Стоимость	: 20
Маршрут	: 453124

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

	2
4	0



Правильно!
Введите величину штрафа:
Если штраф бесконечен, то введите '-':

Ввод

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 19
Количество ребер : 4

-----Рекордный маршрут-----
Стоимость : 20
Маршрут : 453124

13

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

	1	2	3	4	5
1	-	-	-	2	-
2	-	-	-	-	3
3	4	-	-	-	-
4	-	5	-	-	-
5	-	-	1	-	-



Ваши действия:

- ☐ Исследовать текущий маршрут дальше
- ☐ Вернуться назад и попробовать пойти по другому пути
- ☒ Объявить маршрут рекордным и зафиксировать его



Параметры текущего маршрута

Стоимость : 19
Количество ребер : 5

-----Рекордный маршрут-----
Стоимость : 20
Маршрут : 453124

13

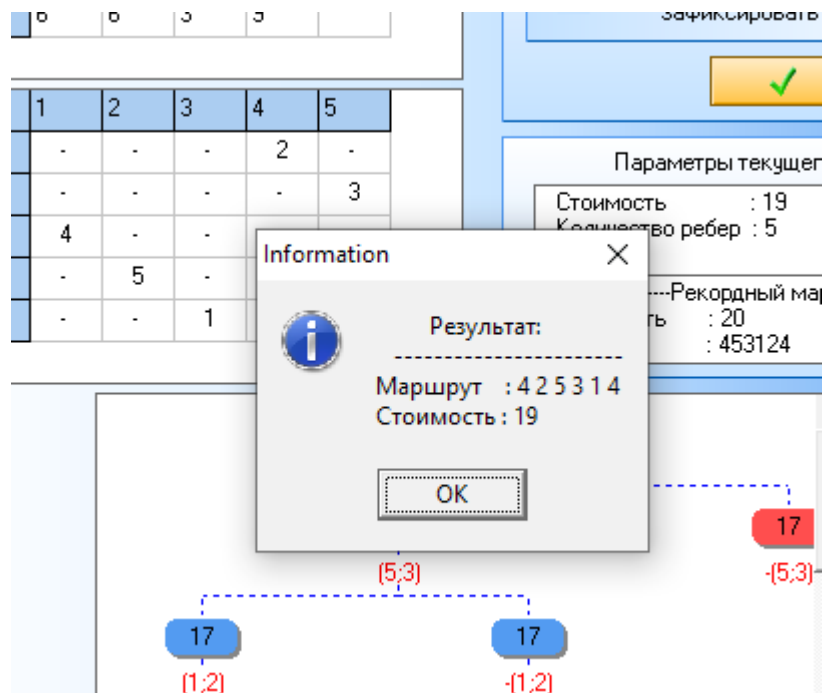
Все

15

(5;3)

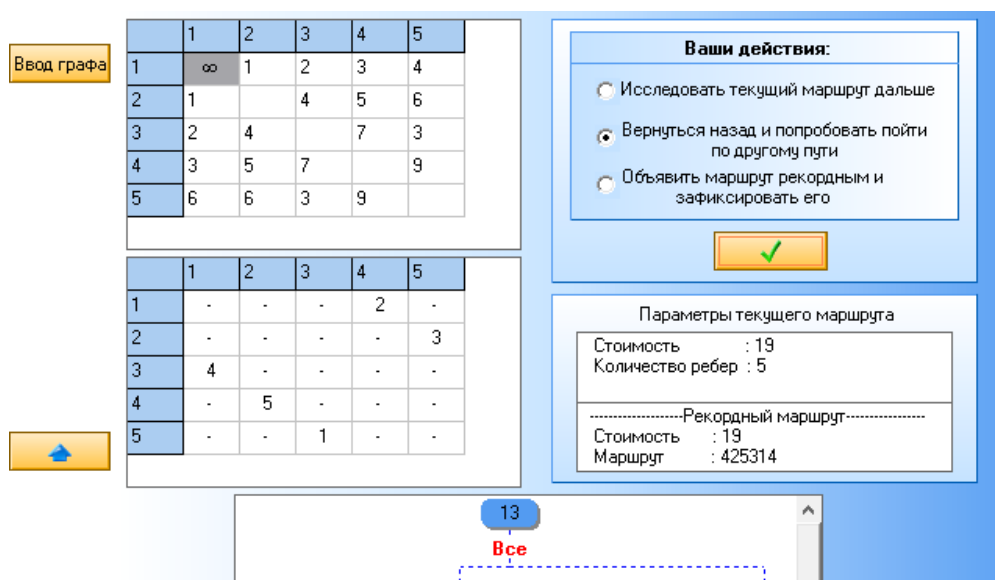
17

(5;3)



Итог: выбор 4->2, штраф „inf“, нашли путь за 19, объявляем рекордным, однако надо посмотреть другие варианты в дереве, т.к. есть листья по 17.

Десятая итерация:



	2	3	4	5
-	-	-	2	-
-	-	-	-	3
4	-	-	-	-
-	5	-	-	-
-	-	-	-	-

Параметры текущего маршрута
 Стоимость : 19
 Количество ребер : 5

Information

Продолжим...

Выберите узел, ss в который надо вернуться !

OK

	2	3	4	5
-	-	-	2	-
-	-	-	-	3
-	-	-	-	-
5	-	-	-	-
-	1	-	-	-

Параметры текущего маршрута
 Стоимость : 19
 Количество ребер : 5

Information

Правильно!

OK

17

(5,3)

17

(5,3)

17

(5,3)

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

Введите координаты дуги, исключение которой приводит к наибольшему штрафу. В случае неоднозначности укажите первую встретившуюся при переборе дуги:

Ввод

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 19
 Количество ребер : 5

Рекордный маршрут

Стоимость : 19
 Маршрут : 425314

13

Все

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

	1	2	3	4	5
1	∞	0	0	0	2
2	0	∞	2	2	4
3	0	2	∞	3	0
4	0	2	3	∞	5
5	0	0	∞	1	∞



Правильно!
Введите величину штрафа:
Если штраф бесконечен, то введите '∞':

Ввод

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 19
Количество ребер : 5

-----Рекордный маршрут-----

Стоимость : 19
Маршрут : 425314

13

Все

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

	1	2	3	4	5
1	-	-	1	-	-
2	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-



Введите координаты дуги, по которой
надо запретить движение во избежание
преждевременного замыкания маршрута:

OK

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 19
Количество ребер : 5

-----Рекордный маршрут-----

Стоимость : 19
Маршрут : 425314

13

Все

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

	1	2	3	4	5
1	-	-	1	-	-
2	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-

↑

Ваши действия:

- ☒ Исследовать текущий маршрут дальше
- ☐ Вернуться назад и попробовать пойти по другому пути
- ☐ Объявить маршрут рекордным и зафиксировать его

✓

Параметры текущего маршрута

Стоимость	: 19
Количество ребер	: 5

-----Рекордный маршрут-----

Стоимость	: 19
Маршрут	: 425314

13

Все

Таким образом, вернулись на уровень выше, на лист с 17. На нем запрещен 5->3. Выбор 1->3 (штраф 2), запрет 3->1, продолжаем дальше.

Одиннадцатый шаг:

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

	1	2	4	5
2	0	∞	1	4
3	0	2	2	0
4	0	2	∞	5
5	0	0	0	∞

↑

Введите координаты дуги, исключение которой приводит к наибольшему штрафу. В случае неоднозначности укажите первую встретившуюся при переборе дугу:

3

5

Ввод

Параметры текущего маршрута

Стоимость	: 18
Количество ребер	: 1

-----Рекордный маршрут-----

Стоимость	: 19
Маршрут	: 425314

13

Все

15

Все

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

	1	2	4	5
2	0	∞	1	4
3	0	2	2	0
4	0	2	∞	5
5	0	0	0	∞



Правильно!
Введите величину штрафа:
Если штраф бесконечен, то введите '∞':

Ввод

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 18
Количество ребер : 1

-----Рекордный маршрут-----
Стоимость : 19
Маршрут : 425314

13

Все

15

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

	1	2	3	4	5
1	-	-	1	-	-
2	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	2
4	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-



Введите координаты дуги, по которой
надо запретить движение во избежание
преждевременного замыкания маршрута:

OK

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 18
Количество ребер : 1

-----Рекордный маршрут-----
Стоимость : 19
Маршрут : 425314

13

Все

15

(5,3)

17

-(5,3)

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

	1	2	3	4	5
1	-	-	1	-	-
2	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	2
4	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-

Ваши действия:

- ☒ Исследовать текущий маршрут дальше
- ☐ Вернуться назад и попробовать пойти по другому пути
- ☐ Объявить маршрут рекордным и зафиксировать его

Параметры текущего маршрута

Стоимость	: 18
Количество ребер	: 1

-----Рекордный маршрут-----

Стоимость	: 19
Маршрут	: 425314

Таким образом, выбор 3->5 (штраф 6), запрет 5->1.

Двенадцатый шаг:

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

	1	2	4
2	0	∞	1
4	0	2	∞
5	0	0	0

Введите координаты дуги, исключение которой приводит к наибольшему штрафу. В случае неоднозначности укажите первую встретившуюся при переборе дугу:

Параметры текущего маршрута

Стоимость	: 18
Количество ребер	: 2

-----Рекордный маршрут-----

Стоимость	: 19
Маршрут	: 425314

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1		∞	1	2	3
2	1			4	5
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

	1	2	4
2	0	∞	1
4	0	2	∞
5	0	0	0



Правильно!
Введите величину штрафа:
Если штраф бесконечен, то введите '∞':

Ввод

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 18
Количество ребер : 2

-----Рекордный маршрут-----
Стоимость : 19
Маршрут : 425314

13

Все

15

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1		∞	1	2	3
2	1			4	5
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

	1	2	3	4	5
1	-	-	1	-	-
2	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	2
4	3	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-



Введите координаты дуги, по которой
надо запретить движение во избежание
преждевременного замыкания маршрута:

OK

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 18
Количество ребер : 2

-----Рекордный маршрут-----
Стоимость : 19
Маршрут : 425314

13

Все

15

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

	1	2	3	4	5
1	-	-	1	-	-
2	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	2
4	3	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-

Ваши действия:

☒ Исследовать текущий маршрут дальше

☐ Вернуться назад и попробовать пойти по другому пути

☐ Объявить маршрут рекордным и зафиксировать его

✓

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 18
 Количество ребер : 2

-----Рекордный маршрут-----

Стоимость : 19
 Маршрут : 425314

13

Все

Таким образом, выбор 4->1 (штраф 2), запрет 5->4, продолжаем дальше.

Итог:

Ввод графа

	1	2	3	4	5
1	∞	1	2	3	4
2	1		4	5	6
3	2	4		7	3
4	3	5	7		9
5	6	6	3	9	

	2	4
2	∞	0
5	0	0

Ваши действия:

☒ Исследовать текущий маршрут дальше

☐ Вернуться назад и попробовать пойти по другому пути

☐ Объявить маршрут рекордным и зафиксировать его

✓

Параметры текущего маршрута

Стоимость : 18
 Количество ребер : 2

-----Рекордный маршрут-----

Стоимость : 19
 Маршрут : 425314

Warning

Внимание!

Текущая стоимость больше или равна рекордной

OK

17

19

19

19

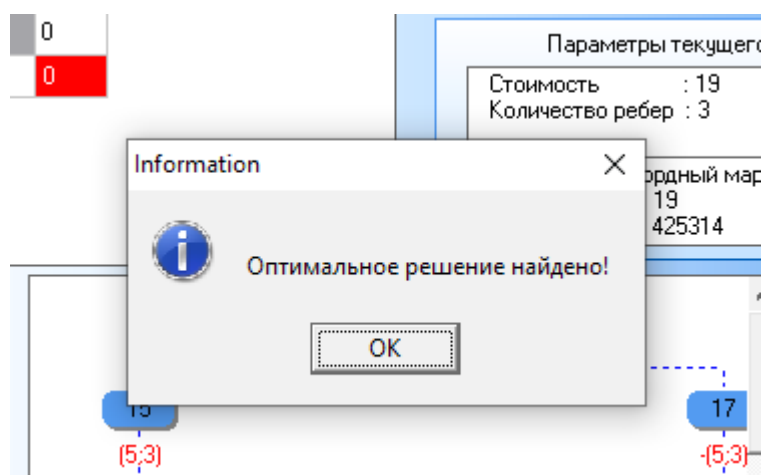
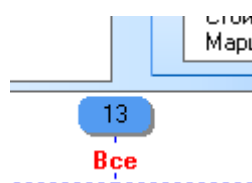
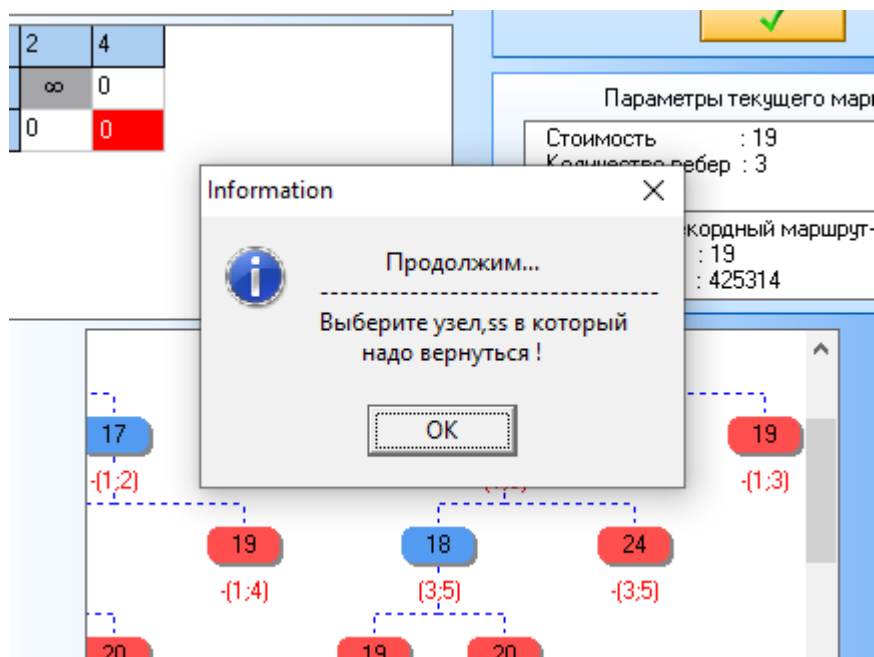
20

18

18

24

19



Найден оптимальный путь за 19

DOS-версия

- Условие и первая итерация:

```
введите номер варианта
1
текущая матрица расстояний:
      1      2      3      4      5
1 10000      25      40      31      27
2      5 10000      17      30      25
3      19      15 10000      6       1
4      9      50      24 10000      6
5      22      8      7      10 10000

сокращенная матрица расстояний:
      1      2      3      4      5
1 10000      0      16      8       9
2      0 10000      10      24      24
3      14      7 10000      0       0
4      0      38      13 10000      1
5      17      0      0      4 10000

Введите координаты дуги, исключение которой
приводит к наибольшему штрафу.
В случае неоднозначности укажите первую
встретившуюся при переборе дугу
(номер строки - медленный индекс).
2 1
```

```
2 1
Ответ верен. Введите величину штрафа
(если штраф бесконечен, введите 10000)
10

Матрица дуг, включенных в текущий маршрут.
ненулевые элементы равны номерам уровней,
на которых происходило включение в маршрут
соответствующих дуг)
0 0 0 0 0
1 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

Введите координаты дуги, по которой надо запретить
движение во избежание преждевременного
замыкания маршрута.
1 2_
```

```
Вы угадали. Работа продолжается...
Длина рекордного маршрута=10000
Оценка снизу длины рекордного маршрута= 57
Количество дуг в текущем маршруте= 1

Введите 1,2 или 3 в зависимости от того,
что надо делать:
1. Исследовать текущий маршрут дальше.
2. Предать текущий маршрут забвению и попытаться,
вернувшись по дереву маршрутов назад,
пойти по отвергнутому когда-то пути
3. Объявить текущий маршрут рекордным,
зафиксировать его и сменить величину рекорда
1
```

Итог первой итерации: выбираем путь 2->1 (запрещаем 1->2), штраф = 10

- Вторая итерация

```

Двигаемся дальше...

сокращенная матрица расстояний:
      2    3    4    5
1  10000    8    0    1
3      7 10000    0    0
4     37   12 10000    0
5      0    0    4 10000

Введите координаты дуги, исключение которой
приводит к наибольшему штрафу.
В случае неоднозначности укажите первую
встретившуюся при переборе дугу
(номер строки – медленный индекс).
4 5_

```

```

Ответ верен. Введите величину штрафа
(если штраф бесконечен, введите 10000)
12

Матрица дуг, включенных в текущий маршрут.
ненулевые элементы равны номерам уровней,
на которых происходило включение в маршрут
соответствующих дуг)
0 0 0 0 0
1 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 2
0 0 0 0 0

Введите координаты дуги, по которой надо запретить
движение во избежание преждевременного
замыкания маршрута.
5 4_

```

```

Вы угадали. Работа продолжается...
Длина рекордного маршрута=10000
Оценка снизу длины рекордного маршрута= 57
Количество дуг в текущем маршруте= 2

Введите 1,2 или 3 в зависимости от того,
что надо делать:
1. Исследовать текущий маршрут дальше.
2. Предать текущий маршрут забвению и попытаться,
вернувшись по дереву маршрутов назад,
пойти по отвергнутому когда-то пути
3. Объявить текущий маршрут рекордным,
зафиксировать его и сменить величину рекорда
1_

```

Итог второй итерации: выбираем путь 4->5 (запрещаем 5->4), штраф = 12

- Третья итерация

```

Двигаемся дальше...

сокращенная матрица расстояний:
      2      3      4
1  10000      8      0
3      7 10000      0
5      0      0 10000
  
```

```

Введите координаты дуги, исключение которой
приводит к наибольшему штрафу.
В случае неоднозначности укажите первую
встретившуюся при переборе дугу
(номер строки - медленный индекс).
1 4
Ответ верен. Введите величину штрафа
(если штраф бесконечен, введите 10000)
8
  
```

```

Матрица дуг, включенных в текущий маршрут.
ненулевые элементы равны номерам уровней,
на которых происходило включение в маршрут
соответствующих дуг)
0 0 0 3 0
1 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 2
0 0 0 0 0
  
```

```

Введите координаты дуги, по которой надо запретить
движение во избежание преждевременного
замыкания маршрута.
5 2
Вы угадали. Работа продолжается...
Длина рекордного маршрута=10000
Оценка снизу длины рекордного маршрута= 64
Количество дуг в текущем маршруте= 3

Введите 1,2 или 3 в зависимости от того,
что надо делать:
1. Исследовать текущий маршрут дальше.
2. Предать текущий маршрут забвению и попытаться,
вернувшись по дереву маршрутов назад,
пойти по отвергнутому когда-то пути
3. Объявить текущий маршрут рекордным,
зафиксировать его и сменить величину рекорда
1
  
```

Итог третьей итерации: выбираем путь 1->4 (запрещаем 5->2), штраф = 8

- Четвертая итерация

```

Двигаемся дальше...
Длина рекордного маршрута=10000
Оценка снизу длины рекордного маршрута= 64
Количество дуг в текущем маршруте= 5

Введите 1,2 или 3 в зависимости от того,
что надо делать:
1. Исследовать текущий маршрут дальше.
2. Передать текущий маршрут забвению и попытаться,
вернувшись по дереву маршрутов назад,
пойти по отвергнутому когда-то пути
3. Объявить текущий маршрут рекордным,
зафиксировать его и сменить величину рекорда
3_

```

```

Двигаемся дальше...

Получен допустимый маршрут длины 64
1 4 5 3 2 1
Перед Вами матрица нижних оценок
маршрутов, связанных с текущим:
в правом столбце - оценки длины текущего маршрута,
возрастающие сверху вниз
по мере включения в маршрут конкретных дуг;
в левом столбце - оценки длин маршрутов,
альтернативных текущему
58 57
69 57
65 64
10000 64
10000 64
Введите:
номер уровня ветвления,
к которому надо вернуться, чтобы выбрать
альтернативный к текущему вариант ветвления,
или
0, если текущий маршрут оптимален
1_

```

По итогам сравнения необходимо вернуться на 1 уровень дерева.

```

текущая матрица расстояний:
      1 2 3 4 5
1 10000 25 40 31 27
2 10000 10000 17 30 25
3 19 15 10000 6 1
4 9 50 24 10000 6
5 22 8 7 10 10000

сокращенная матрица расстояний:
      1 2 3 4 5
1 10000 0 16 8 9
2 10000 10000 0 14 14
3 10 7 10000 0 0
4 0 42 17 10000 5
5 13 0 0 4 10000

Введите координаты дуги, исключение которой
приводит к наибольшему штрафу.
В случае неоднозначности укажите первую
встретившуюся при переборе дугу
(номер строки - медленный индекс).
4 1
Ответ верен. Введите величину штрафа
(если штраф бесконечен, введите 10000)
15_

```

Матрица дуг, включенных в текущий маршрут.
ненулевые элементы равны номерам уровней,
на которых происходило включение в маршрут
соответствующих дуг)

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
0	0	0	0	0

Введите координаты дуги, по которой надо запретить
движение во избежание преждевременного
замыкания маршрута.

1 4

Вы угадали. Работа продолжается...

Длина рекордного маршрута= 64

Оценка снизу длины рекордного маршрута= 58

Количество дуг в текущем маршруте= 1

Введите 1,2 или 3 в зависимости от того,
что надо делать:

1. Исследовать текущий маршрут дальше.
2. Предать текущий маршрут забвению и попытаться,
вернувшись по дереву маршрутов назад,
пойти по отвергнутому когда-то пути
3. Объявить текущий маршрут рекордным,
зафиксировать его и сменить величину рекорда

1

Итоги четвертой итерации: : выбираем путь 1->4 (запрещаем 4->1), штраф = 15

- Пятая итерация

Двигаемся дальше...

сокращенная матрица расстояний:

	2	3	4	5
1	0	16	10000	9
2	10000	0	14	14
3	7	10000	0	0
5	0	0	4	10000

Введите координаты дуги, исключение которой
приводит к наибольшему штрафу.

В случае неоднозначности укажите первую
встретившуюся при переборе дугу
(номер строки – медленный индекс).

2 3

Ответ верен. Введите величину штрафа
(если штраф бесконечен, введите 10000)

14_

```

14
    Ответ верен.Введите величину штрафа
    (если штраф бесконечен, введите 10000)
14

Матрица дуг, включенных в текущий маршрут.
ненулевые элементы равны номерам уровней,
на которых происходило включение в маршрут
соответствующих дуг)
0 0 0 0 0
0 0 2 0 0
0 0 0 0 0
1 0 0 0 0
0 0 0 0 0

Введите координаты дуги, по которой надо запретить
движение во избежание преждевременного
замыкания маршрута.
3 2

```

```

Введите координаты дуги, по которой надо запретить
движение во избежание преждевременного
замыкания маршрута.
3 2
    Вы угадали. Работа продолжается...
Длина рекордного маршрута= 64
Оценка снизу длины рекордного маршрута= 58
Количество дуг в текущем маршруте= 2

Введите 1,2 или 3 в зависимости от того,
что надо делать:
1. Исследовать текущий маршрут дальше.
2. Предать текущий маршрут забвению и попытаться,
вернувшись по дереву маршрутов назад,
пойти по отвергнутому когда-то пути
3. Объявить текущий маршрут рекордным,
зафиксировать его и сменить величину рекорда
1_

```

Итоги пятой итерации: : выбираем путь 2->3 (запрещаем 3->2), штраф = 14

- Шестая итерация

```

1
    Двигаемся дальше...

сокращенная матрица расстояний:
      2      4      5
1      0 10000      9
3 10000      0      0
5      0      4 10000

Введите координаты дуги, исключение которой
приводит к наибольшему штрафу.
В случае неоднозначности укажите первую
встретившуюся при переборе дугу
(номер строки – медленный индекс).
1 2
    Ответ верен.Введите величину штрафа
    (если штраф бесконечен, введите 10000)
9_

```

Матрица дуг, включенных в текущий маршрут.
ненулевые элементы равны номерам уровней,
на которых происходило включение в маршрут
соответствующих дуг)

0	3	0	0	0
0	0	2	0	0
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
0	0	0	0	0

Введите координаты дуги, по которой надо запретить
движение во избежание преждевременного
замыкания маршрута.

3 4_

Введите 1,2 или 3 в зависимости от того,
что надо делать:

1. Исследовать текущий маршрут дальше.
2. Предать текущий маршрут забвению и попытаться,
вернувшись по дереву маршрутов назад,
пойти по отвергнутому когда-то пути
3. Объявить текущий маршрут рекордным,
зафиксировать его и сменить величину рекорда

1

Двигаемся дальше...

Длина рекордного маршрута= 64

Оценка снизу длины рекордного маршрута= 62

Количество дуг в текущем маршруте= 4

Итоги шестой итерации: : выбираем путь 1->2 (запрещаем 3->4), штраф = 9

- Седьмая итерация

Введите 1,2 или 3 в зависимости от того,
что надо делать:

1. Исследовать текущий маршрут дальше.
2. Предать текущий маршрут забвению и попытаться,
вернувшись по дереву маршрутов назад,
пойти по отвергнутому когда-то пути
3. Объявить текущий маршрут рекордным,
зафиксировать его и сменить величину рекорда

1

Двигаемся дальше...

Длина рекордного маршрута= 64

Оценка снизу длины рекордного маршрута= 62

Количество дуг в текущем маршруте= 4

Введите 1,2 или 3 в зависимости от того,
что надо делать:

1. Исследовать текущий маршрут дальше.
2. Предать текущий маршрут забвению и попытаться,
вернувшись по дереву маршрутов назад,
пойти по отвергнутому когда-то пути
3. Объявить текущий маршрут рекордным,
зафиксировать его и сменить величину рекорда

1

```

зафиксировать его и сменить величину рекорда
3
Двигаемся дальше...

        Получен допустимый маршрут длины    62
        1      2      3      5      4      1
Перед Вами матрица нижних оценок
маршрутов, связанных с текущим:
в правом столбце - оценки длины текущего маршрута,
                    возрастающие сверху вниз
                    по мере включения в маршрут конкретных дуг;
в левом столбце - оценки длин маршрутов,
                    альтернативных текущему
        73      58
        72      58
        67      62
    10000      62
    10000      62
Введите:
номер уровня ветвления,
к которому надо вернуться, чтобы выбрать
альтернативный к текущему вариант ветвления,
или
0, если текущий маршрут оптимален
0_

```

```

        Получено оптимальное решение длины    62
        Идите:
из города  1 в город  2 длина пути=  25
        Идите:
из города  2 в город  3 длина пути=  17
        Идите:
из города  3 в город  5 длина пути=   1
        Идите:
из города  5 в город  4 длина пути=  10
        Идите:
из города  4 в город  1 длина пути=   9

```

Алгоритм завершен

Вывод

Был изучен метод ветвей и границ для решения задачи коммивояжера.