

БрГУ им. А. С. Пушкина ; под общ. ред. Д. В. Грицука. – Брест : БрГУ, 2021. – С. 159–161.

УДК 519.863+004.588

**Е. А. КРИВОНОСОВА, Т. Г. ХОМИЦКАЯ**  
Брест, БрГУ

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНИМАЛЬНОГО РАЗРЕЗА ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ В MS EXCEL + VBA**

**Введение.** Microsoft Excel является одной из популярных программ для работы с электронными таблицами, представляя пользователю большой функциональный инструмент визуализации и анализа данных, что позволяет решать огромный пласт задач. Встроенный в MS Excel объектно ориентированный язык программирования Visual Basic for Applications (VBA) применяется для автоматизации решения задач в различных областях, в том числе и экономике. Одной из таких задач является задача экономического распределения потока по дугам транспортной сети, получившая название транспортной задачи.

**Целью работы** является разработка функции для нахождения минимального разреза транспортной сети.

В теории графов транспортная сеть – ориентированный граф, в котором каждое ребро имеет неотрицательную пропускную способность  $c$  и поток  $f$ . Из множества всех вершин, имеющих мощность  $n$ , выделяются две вершины: исток  $s$  и сток  $t$  такие, что любая другая вершина сети (промежуточная вершина) лежит на пути из  $s$  в  $t$ .

Разрезом сети называется множество дуг, удаление которых «разрывает» все пути, соединяющие исток  $s$  и сток  $t$ , т. е. увеличивает количество компонент связности графа. Для построения разреза выбирают множество вершин  $V$ , для которого  $s \notin V, t \in V$ . Тогда разрез есть множество дуг  $(a_i, a_j)$ , где начальная вершина  $a_i \notin V$ , а конечная вершина  $a_j \in V$ .

Пропускной способностью разреза называется число, равное сумме пропускных способностей дуг этого разреза. Разрез называется минимальным, если имеет наименьшую пропускную способность.

**Алгоритм построения минимального разреза.** Пусть транспортная сеть представлена в виде таблицы (рисунок 1). Рассмотрим вектор  $v$ , элементами которого являются значения из множества  $\{0, 1\}$ , где  $v_i = 1$  указывает на то, что вершина, соответствующая  $i$ -координате вектора  $v$ , включена во множество  $V$ , а  $v_i = 0$ , наоборот, что соответствующая вершина не

принадлежит множеству  $V$ . Т. к. по условию  $s \notin V$ ,  $t \in V$ , то  $v_1 = 0$ ,  $v_n = 1$ . Таким образом, нашей задачей является перебор всех  $2^{n-2}$  размещений  $n-2$  элементов из множества  $\{0, 1\}$ , на основе которых формируются вектор  $v$  и, соответственно, разрез транспортной сети. Для рассматриваемого примера (рисунок 1) таких размещений будет  $2^4 = 16$  вариантов:

$$0000 \Rightarrow 0001 \Rightarrow 0010 \Rightarrow 0011 \Rightarrow 0100 \Rightarrow \dots \Rightarrow 1111.$$

Для составления всех вариантов размещений был выбран механизм работы с двоичными числами (суммы двоичного числа и 1).

	1	2	3	4	5	6
1		5	7		6	
2				5	6	7
3				7	5	
4					4	4
5						8
6						

Рисунок 1 – Пример транспортной сети в табличной форме

Чтобы найти пропускную способность разреза, соответствующего выбранному размещению, просматриваются ячейки двумерного массива, содержащие положительные значения, номеру строки которой в векторе  $v$  соответствует 0, а номеру столбца – 1. Для определения минимального разреза используется алгоритм поиска минимального значения в одномерном массиве, т. е. минимального значения из всех пропускных способностей разрезов, вычисленных для каждого размещения.

**Программная реализация алгоритма.** Функция для определения минимального разреза была внедрена в приложение, разработанное в MS Excel на языке VBA для решения задачи о нахождении максимального потока в транспортной сети (рисунок 2).

Результат решения для примера (рисунок 1) с помощью разработанной функции в приложении (рисунок 2) представлен на рисунке 3. В рассмотренном примере искомое множество есть  $V = \{2, 6\}$ , которое соответствует вектору  $v = (0, 1, 0, 0, 0, 1)$ , т. е. в минимальный разрез входят все дуги, выходящие из вершин множества  $\{1, 3, 4, 5\}$  в вершины множества  $\{2, 6\}$ :  $\{(1, 2), (4, 6), (5, 6)\}$  (рисунок 4). Тогда пропускная способность минимального разреза, а, следовательно, по теореме Форда – Фалкерсона величина максимального потока есть  $5 + 4 + 8 = 17$ .

The screenshot shows an Excel spreadsheet with a network flow problem and a corresponding dialog box.

**Spreadsheet Data:**

1 Транспортная сеть						
2	1	2	3	4	5	6
3	1					
4	2					
5	3					
6	4					
7	5					
8	6					
9						
10 Поток по сети						
11	1	2	3	4	5	6
12	1					0
13	2					0
14	3					0
15	4					0
16	5					0
17	6					0
18		0	0	0	0	0
19	Величина потока	<input type="text"/>				
21 Минимальный разрез в транспортной сети						
22	1	2	3	4	5	6
23 V	<input type="text"/>					
24						

**Dialog Box: Поиск максимального потока**

- Ввод данных
- Построение пути пользователей
- Построение пути автоматически
- Составление орграфа
- Улучшение потока пользователей
- Улучшение потока автоматически
- Минимальный разрез
- Выход

Buttons: Вывод формы

Рисунок 2 – Приложение в MSExcel для решения задачи о максимальном потоке

1 Транспортная сеть						
2	1	2	3	4	5	6
3	1		7		6	
4	2			5	6	7
5	3			7	5	
6	4				4	4
7	5					6
8	6					
9						
21 Минимальный разрез в транспортной сети						
22	1	2	3	4	5	6
23 V	0	1	0	0	0	1

Рисунок 3 – Результат выполнения функции

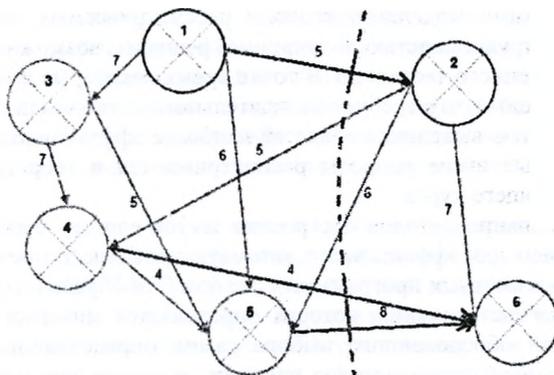


Рисунок 4 – Графическое изображение сети

**Практическое применение.** Приложение можно использовать для обучения студентов по предметам «Системный анализ и исследование операций», «Дискретная математика и математическое моделирование».

УДК 681.3

**А. Е. ЛЮЛЬКИН**  
Минск, БГУ

### **ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ В НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ**

С целью повышения качества подготовки студентов механико-математического факультета Белгосуниверситета в области моделирования и тестирования логических схем в рамках международной программы REASON разработаны оригинальные программные средства, которые используются в научно-исследовательской работе студентов (НИРС). Выполнение НИРС направлено на получение практических навыков логического анализа цифровых схем с применением программных средств.

Известно, что разработка тестов логического контроля БИС/СБИС является одной из наиболее сложных и трудоемких задач, которые решаются в процессе их проектирования. К настоящему времени разработаны различные методы решения данной задачи, которые отличаются типом дискретных устройств (ДУ), для которых они предназначены, используемыми