

## 2. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА. Метод ЭЛЕКТРА II

Задача данной лабораторной работы: выбрать конструкцию смесителя для системы управления использованием воды в «Умном доме» с использованием метода ЭЛЕКТРА.

### Выбор конструкции смесителя.

Сначала составляют таблицу критериев, по которым будут оценивать проекты (см. табл. 1).

Таблица 1 Таблица критериев для оценки проектов

| Критерии                             | Вес критерия | Шкала             | Код | Стремление |
|--------------------------------------|--------------|-------------------|-----|------------|
| Интегрирование в систему «умный дом» | 5            | хорошее           | 15  | max        |
|                                      |              | среднее           | 10  |            |
|                                      |              | плохое            | 5   |            |
| Расход воды                          | 5            | очень большой     | 15  | min        |
|                                      |              | большой           | 10  |            |
|                                      |              | средний           | 5   |            |
|                                      |              | маленький         | 1   |            |
| Контакт пользователя со смесителем   | 4            | много контактов   | 15  | min        |
|                                      |              | мало контактов    | 10  |            |
|                                      |              | нет контактов     | 5   |            |
| Вандалоустойчивость                  | 4            | большая           | 15  | max        |
|                                      |              | средняя           | 10  |            |
|                                      |              | маленькая         | 5   |            |
| Стоимость смесителя                  | 3            | до 2 тыс. руб.    | 2   | min        |
|                                      |              | 2 – 3 тыс. руб.   | 3   |            |
|                                      |              | 3 – 7 тыс. руб.   | 7   |            |
|                                      |              | 7 – 15 тыс. руб.  | 10  |            |
|                                      |              | 15 – 30 тыс. руб. | 20  |            |
| Регулировка температуры              | 2            | есть              | 10  | max        |
|                                      |              | нет               | 5   |            |

Далее составляем таблицу оценок проектов (смесителей). Для 5-ти смесителей заполняем таблицу 2.

Таблица 2  
Таблица оценок проектов по критериям.

|            | Значение критерия |             |         |             |           |                  |
|------------|-------------------|-------------|---------|-------------|-----------|------------------|
|            | Интегрир.         | Расход воды | Контакт | Вандалоуст. | Стоимость | Регулир. темпер. |
| 1          | 5                 | 15          | 15      | 5           | 2         | 10               |
| 2          | 5                 | 10          | 15      | 5           | 3         | 10               |
| 3          | 10                | 5           | 10      | 5           | 7         | 10               |
| 4          | 15                | 1           | 5       | 15          | 10        | 5                |
| 5          | 15                | 1           | 10      | 10          | 20        | 10               |
| 6          | 5                 | 15          | 15      | 5           | 2         | 5                |
| 7          | 10                | 5           | 10      | 5           | 7         | 10               |
| Вес        | 5                 | 5           | 4       | 4           | 3         | 2                |
| Стремление | max               | min         | min     | max         | min       | max              |

- 1 - смеситель с отдельными кранами;
- 2 - смеситель однорычажный;
- 3 - смеситель со встроенным термостатом (с механической регулировкой температуры и напора);
- 4 - бесконтактный (электронный) смеситель и термостат (с постоянной температурой и напором);
- 5 - электронный сенсорный смеситель;
- 6 – английский вариант для одного человека;
- 7 - смеситель со встроенным термостатом (с механической регулировкой температуры);

Рассматриваем все пары проектов  $i$  и  $j$ . Если по какому-либо критерию  $i$ -ый проект лучше, чем  $j$ -ый, то соответствующий критерию вес прибавляется к  $P_{ij}$  (эти баллы символизируют выбор «За»), в противном случае — к  $N_{ij}$  (эти баллы символизируют выбор «Против»). То же самое справедливо для  $j$ -го проекта: если  $j$ -ый проект оказывается лучше, чем  $i$ -ый, то соответствующий критерию вес прибавляется к  $P_{ji}$ , в противном случае — к  $N_{ji}$  (обратите внимание на порядок следования индексов  $j$  и  $i$  у

P и N). Если повстречалось одинаковое для  $i$ -го и для  $j$ -го проектов значение критерия, то оно пропускается. Затем, когда по паре  $i$  и  $j$  рассмотрены все критерии, находятся отношения  $D_{ij} = P_{ij}/N_{ij}$  и  $D_{ji} = P_{ji}/N_{ji}$ . Значения  $D \leq 1$  отбрасываются. Заметим, что  $D_{ji} = 1/D_{ij}$  (и наоборот), таким образом, вычисления можно несколько упростить.

Рассмотрим проекты 1 и 2 ( $i = 1, j = 2$ ):

- по критерию «Интегрирование» (вес критерия 5 баллов - max) проекты 1 и 2 одинаковы, поэтому ничего не делаем;
- по критерию «Расход воды» (вес критерия 5 баллов - min) проект 1 хуже проекта 2;
- по критерию «Контакт» (вес критерия 4 балла - min) проекты 1 и 2 одинаковы, поэтому ничего не делаем.
- по критерию «Вандалоустойчивость» (вес критерия 4 балла - max) проекты 1 и 2 одинаковы, поэтому ничего не делаем.
- по критерию «Стоимость» (вес критерия 3 балла - min) проекты 1 лучше проекта 2.
- по критерию «Регулировка температуры» (вес критерия 2 баллов - max) проекты 1 и 2 одинаковы, поэтому ничего не делаем;

Таким образом, имеем:

$$P_{12} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 0 = 3;$$

$$N_{12} = 0 + 5 + 0 + 0 + 0 + 0 = 5;$$

$$D_{12} = P_{12}/N_{12} = 3/5 = 0,6 < 1 \text{ — отбрасываем};$$

$$P_{21} = 0 + 5 + 0 + 0 + 0 + 0 = 5;$$

$$N_{21} = 0 + 0 + 3 + 0 + 3 + 0 = 3;$$

$$D_{21} = P_{21}/N_{21} = 5/3 = 1,67 > 1 \text{ — принимаем.}$$

Рассмотрим проекты 1 и 3 ( $i = 1, j = 3$ ):

$$P_{13} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 0 = 3;$$

$$N_{13} = 5 + 5 + 4 + 0 + 0 + 0 = 14;$$

$$D_{13} = P_{13}/N_{13} = 3/14 = 0,2 < 1 \text{ — отбрасываем};$$

$$P_{31} = 5 + 5 + 4 + 0 + 0 + 0 = 14;$$

$$N_{31} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 0 = 3;$$

$$D_{31} = P_{31}/N_{31} = 14/3 = 4,7 > 1 \text{ — принимаем.}$$

Рассмотрим проекты 1 и 4 ( $i = 1, j = 4$ ):

$$P_{14} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 2 = 5;$$

$$N_{14} = 5 + 5 + 4 + 4 + 0 + 0 = 18;$$

$$D_{14} = P_{14}/N_{14} = 5/18 = 0,27 < 1 \text{ — отбрасываем;}$$

$$P_{41} = 5 + 5 + 4 + 4 + 0 + 0 = 18;$$

$$N_{41} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 2 = 5;$$

$$D_{41} = P_{41}/N_{41} = 18/5 = 3,6 > 1 \text{ — принимаем.}$$

Рассмотрим проекты 1 и 5 ( $i = 1, j = 5$ ):

$$P_{15} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 0 = 3;$$

$$N_{15} = 5 + 5 + 4 + 4 + 0 + 0 = 18;$$

$$D_{15} = P_{15}/N_{15} = 3/18 = 0,17 < 1 \text{ — отбрасываем;}$$

$$P_{51} = 5 + 5 + 4 + 4 + 0 + 0 = 18;$$

$$N_{51} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 0 = 3;$$

$$D_{51} = P_{51}/N_{51} = 18/3 = 6 > 1 \text{ — принимаем.}$$

Рассмотрим проекты 1 и 6 ( $i = 1, j = 6$ ):

$$P_{16} = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 0;$$

$$N_{16} = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 2 = 2;$$

$$D_{16} = P_{16}/N_{16} = 0/2 = \infty \text{ — принимаем;}$$

$$P_{61} = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 2 = 2;$$

$$N_{61} = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 0;$$

$$D_{61} = P_{61}/N_{61} = 2/0 \text{ — делить нельзя — отбрасываем.}$$

Рассмотрим проекты 1 и 6 ( $i = 1, j = 7$ ):

$$P_{17} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 0 = 3;$$

$$N_{17} = 5 + 5 + 4 + 0 + 0 + 0 = 14;$$

$$D_{17} = P_{17}/N_{17} = 3/15 = 0,2 < 1 \text{ — отбрасываем};$$

$$P_{71} = 5 + 5 + 4 + 0 + 0 + 0 = 14;$$

$$N_{71} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 0 = 3;$$

$$D_{71} = P_{71}/N_{71} = 14/3 = 4,7 > 1 \text{ — принимаем.}$$

Рассмотрим проекты 2 и 3 ( $i = 2, j = 3$ ):

$$P_{23} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 0 = 3;$$

$$N_{23} = 5 + 5 + 4 + 0 + 0 + 0 = 14;$$

$$D_{23} = P_{23}/N_{23} = 3/14 = 0,2 < 1 \text{ — отбрасываем};$$

$$P_{32} = 5 + 5 + 4 + 0 + 0 + 0 = 14;$$

$$N_{32} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 0 = 3;$$

$$D_{32} = P_{32}/N_{32} = 14/3 = 4,7 > 1 \text{ — принимаем.}$$

Рассмотрим проекты 2 и 4 ( $i = 2, j = 4$ ):

$$P_{24} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 2 = 5;$$

$$N_{24} = 5 + 5 + 4 + 4 + 0 + 0 = 18;$$

$$D_{24} = P_{24}/N_{24} = 5/18 = 0,28 < 1 \text{ — отбрасываем};$$

$$P_{42} = 5 + 5 + 4 + 4 + 0 + 0 = 18;$$

$$N_{42} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 2 = 5;$$

$$D_{42} = P_{42}/N_{42} = 18/5 = 3,6 > 1 \text{ — принимаем.}$$

Рассмотрим проекты 2 и 5 ( $i = 2, j = 5$ ):

$$P_{25} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 0 = 3;$$

$$N_{25} = 5 + 5 + 4 + 4 + 0 + 0 = 18;$$

$$D_{25} = P_{25}/N_{25} = 3/18 = 0,17 < 1 \text{ — отбрасываем};$$

$$P_{52} = 5 + 5 + 4 + 4 + 0 + 0 = 18;$$

$$N_{52} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 0 = 3;$$

$$D_{52} = P_{52}/N_{52} = 18/3 = 6 > 1 \text{ — принимаем.}$$

Рассмотрим проекты 2 и 6 ( $i = 2, j = 6$ ):

$$P_{26} = 0 + 5 + 0 + 0 + 0 + 2 = 7;$$

$$N_{26} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 0 = 3;$$

$$D_{26} = P_{26}/N_{26} = 7/3 = 2,3 > 1 \text{ — принимаем};$$

$$P_{62} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 0 = 3;$$

$$N_{62} = 0 + 5 + 0 + 0 + 0 + 2 = 7;$$

$$D_{62} = P_{62}/N_{62} = 3/7 = 0,43 < 1 \text{ — отбрасываем.}$$

Рассмотрим проекты 2 и 7 ( $i = 2, j = 7$ ):

$$P_{27} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 0 = 3;$$

$$N_{27} = 5 + 5 + 4 + 0 + 0 + 0 = 14;$$

$$D_{27} = P_{27}/N_{27} = 3/14 = 0,2 < 1 \text{ — отбрасываем};$$

$$P_{72} = 5 + 5 + 4 + 0 + 0 + 0 = 14;$$

$$N_{72} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 0 = 3;$$

$$D_{72} = P_{72}/N_{72} = 14/3 = 4,7 > 1 \text{ — принимаем.}$$

Рассмотрим проекты 3 и 4 ( $i = 3, j = 4$ ):

$$P_{34} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 2 = 5;$$

$$N_{34} = 5 + 5 + 4 + 4 + 0 + 0 = 18;$$

$$D_{34} = P_{34}/N_{34} = 5/18 = 0,27 < 1 \text{ — отбрасываем};$$

$$P_{43} = 5 + 5 + 4 + 4 + 0 + 0 = 18;$$

$$N_{43} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 2 = 5;$$

$$D_{43} = P_{43}/N_{43} = 18/5 = 3,6 > 1 \text{ — принимаем.}$$

Рассмотрим проекты 3 и 5 ( $i = 3, j = 5$ ):

$$P_{35} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 0 = 3;$$

$$N_{35} = 5 + 5 + 0 + 4 + 0 + 0 = 14;$$

$$D_{35} = P_{35}/N_{35} = 3/14 = 0,2 < 1 \text{ — отбрасываем};$$

$$P_{53} = 5 + 5 + 0 + 4 + 0 = 14;$$

$$N_{53} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 = 3;$$

$$D_{53} = P_{53}/N_{53} = 14/3 = 4,7 > 1 \text{ — принимаем.}$$

Рассмотрим проекты 3 и 6 ( $i = 3, j = 6$ ):

$$P_{36} = 5 + 5 + 4 + 0 + 0 + 2 = 16;$$

$$N_{36} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 0 = 3;$$

$$D_{36} = P_{36}/N_{36} = 16/3 = 5,3 > 1 \text{ — принимаем;}$$

$$P_{63} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 0 = 3;$$

$$N_{63} = 5 + 5 + 4 + 0 + 0 + 2 = 16;$$

$$D_{63} = P_{63}/N_{63} = 3/16 = 0,18 < 1 \text{ — отбрасываем.}$$

Рассмотрим проекты 3 и 7 ( $i = 3, j = 7$ ):

$$P_{37} = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 0;$$

$$N_{37} = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 0;$$

$$D_{37} = P_{37}/N_{37} = 0/0 = 0 < 1 \text{ — отбрасываем;}$$

Тогда.

$$D_{73} = 0 < 1 \text{ — отбрасываем.}$$

Заметим проекты 3 и 7 одинаковы для данных критериев.

Рассмотрим проекты 4 и 5 ( $i = 4, j = 5$ ):

$$P_{45} = 0 + 0 + 4 + 4 + 3 + 0 = 11;$$

$$N_{45} = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 2 = 2;$$

$$D_{45} = P_{45}/N_{45} = 11/2 = 5,5 > 1 \text{ — принимаем;}$$

$$P_{54} = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 2 = 2;$$

$$N_{54} = 0 + 0 + 4 + 4 + 3 + 0 = 11;$$

$$D_{54} = P_{54}/N_{54} = 2/11 = 0,18 < 1 \text{ — отбрасываем.}$$

Рассмотрим проекты 4 и 6 ( $i = 4, j = 6$ ):

$$P_{46} = 5 + 5 + 4 + 4 + 0 + 0 = 18;$$

$$N_{46} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 0 = 3;$$

$D_{46} = P_{46}/N_{46} = 18/3 = 6 > 1$  — принимаем;

$P_{64} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 0 = 3$ ;

$N_{64} = 5 + 5 + 4 + 4 + 0 + 0 = 18$ ;

$D_{64} = P_{64}/N_{64} = 2/11 = 0,6 < 1$  — отбрасываем.

Рассмотрим проекты 4 и 7 ( $i = 4, j = 7$ ):

$P_{47} = 5 + 5 + 4 + 4 + 0 + 0 = 18$ ;

$N_{47} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 2 = 5$ ;

$D_{47} = P_{47}/N_{47} = 18/5 = 3,6 > 1$  — принимаем;

$P_{74} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 2 = 5$ ;

$N_{74} = 5 + 5 + 4 + 4 + 0 + 0 = 18$ ;

$D_{74} = P_{74}/N_{74} = 3/18 = 0,27 < 1$  — отбрасываем.

Рассмотрим проекты 5 и 6 ( $i = 5, j = 6$ ):

$P_{56} = 5 + 5 + 4 + 4 + 0 + 2 = 20$ ;

$N_{56} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 0 = 3$ ;

$D_{56} = P_{56}/N_{56} = 20/3 = 6,7 > 1$  — принимаем;

$P_{65} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 0 = 3$ ;

$N_{65} = 5 + 5 + 4 + 4 + 0 + 2 = 20$ ;

$D_{65} = P_{65}/N_{65} = 3/20 = 0,15 < 1$  — отбрасываем.

Рассмотрим проекты 5 и 7 ( $i = 5, j = 7$ ):

$P_{57} = 5 + 5 + 0 + 4 + 0 + 0 = 14$ ;

$N_{57} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 0 = 3$ ;

$D_{57} = P_{57}/N_{57} = 14/3 = 4,7 > 1$  — принимаем;

$P_{75} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 0 = 3$ ;

$N_{75} = 5 + 5 + 0 + 4 + 0 + 0 = 14$ ;

$D_{75} = P_{75}/N_{75} = 3/14 = 0,2 < 1$  — отбрасываем.

Рассмотрим проекты 6 и 7 ( $i = 6, j = 7$ ):



$$P_{67} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 0 = 3;$$

$$N_{67} = 5 + 5 + 4 + 0 + 0 + 2 = 16;$$

$$D_{67} = P_{67}/N_{67} = 3/16 = 0,18 < 1 \text{ — отбрасываем};$$

$$P_{76} = 5 + 5 + 4 + 0 + 0 + 2 = 16;$$

$$N_{76} = 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 0 = 3;$$

$$D_{76} = P_{76}/N_{76} = 16/3 = 5,3 > 1 \text{ — принимаем.}$$

Составляем матрицу, внося вычисленные (и принятые) значения D. Матрица имеет смысл предпочтений проектов между собой. Для нашего примера матрица выглядит следующим образом (см. табл. 3).

Таблица 3

Полная матрица предпочтений проектов, составленная методом Электра».

|   | 1   | 2   | 3   | 4 | 5   | 6        | 7   |
|---|-----|-----|-----|---|-----|----------|-----|
| 1 | x   | —   | —   | — | —   | $\infty$ | —   |
| 2 | 4,7 | x   | —   | — | —   | 2,3      | —   |
| 3 | 4,7 | 4,7 | x   | — | —   | 5,3      | —   |
| 4 | 3,6 | 3,6 | 3,6 | x | 5,5 | 6        | 3,6 |
| 5 | 6   | 6   | 4,7 | — | x   | 6,7      | 4,7 |
| 6 | —   | —   | —   | — | —   | x        | —   |
| 7 | 4,7 | 4,7 | —   | — | —   | 5,3      | x   |

По матрице строится граф предпочтений (рис. 1).

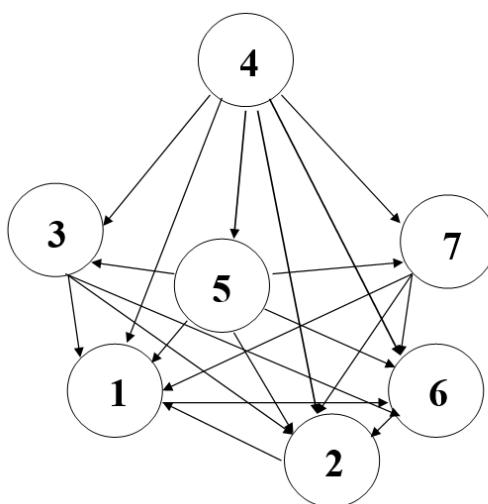


Рис. 1. Вид графа предпочтений.

Из графа, построенного по табл. 3., видно, что проект 4 лучше проектов 1, 2, 3, 5, 6, 7; проект 5 лучше проектов 1, 2, 3, 6, 7; проект 3 лучше проекта 1, 2, 6; проект 7 равен проекту 3; между проектами 1, 2, 6

образуется петля, трудно определить какой проект лучше. Очевидно, что решение не получено, так как в графе присутствуют петли.

Назначим порог отбора предпочтений  $C = 3,7$  (это соответствует тому, что мы попробуем учесть только более сильные связи в графе, не отвлекаясь на малозначимые расхождения в проектах). Таким образом, матрица разрезается. В ней остаются только самые сильные связи (см. табл. 4).

Таблица 4 Матрица предпочтений проектов, при пороге  $C=4$ .

|   | 1   | 2   | 3   | 4 | 5   | 6        | 7   |
|---|-----|-----|-----|---|-----|----------|-----|
| 1 | x   | —   | —   | — | —   | $\infty$ | —   |
| 2 | 4,7 | x   | —   | — | —   | —        | —   |
| 3 | 4,7 | 4,7 | x   | — | —   | 5,3      | —   |
| 4 | —   | —   | —   | x | 5,5 | 6        | —   |
| 5 | 6   | 6   | 4,7 | — | x   | 6,7      | 4,7 |
| 6 | —   | —   | —   | — | —   | x        | —   |
| 7 | 4,7 | 4,7 | —   | — | —   | 5,3      | x   |

Снова строим граф.

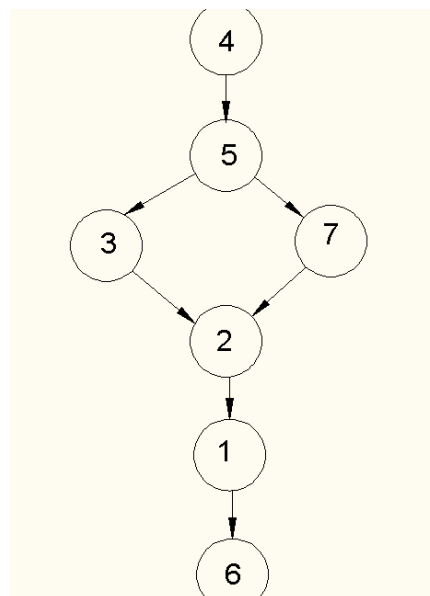


Рисунок 2 Вид графа предпочтений для случая порога принятия решений  $C = 4$ .

Петель в графе нет, при этом граф остался целостным.

### Вывод.

Решение говорит нам о том, что лучший проект — 4. На втором месте — проект 5, третье и четвертое место делят проекты — 3 и 7, пятое место —

проект 2, на шестом месте — проект 3, на седьмом месте — проект 7.

