



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**"МИРЭА - Российский технологический университет"**  
**РТУ МИРЭА**

---

---

**Институт Информационных Технологий**  
**Кафедра Вычислительной Техники**

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2**

**по дисциплине**  
**«Теория принятия решений»**  
**Метод Электра II**

Студент группы: ИКБО-04-22

Кликушин В.И.

(Ф. И.О. студента)

Преподаватель

Железняк Л.М.

(Ф.И.О. преподавателя)

Москва 2024

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1 МЕТОД ЭЛЕКТРА II .....	4
1.1 Выбор лучшего варианта .....	4
1.2 Веса предпочтений.....	5
1.3 Вывод.....	18
1.4 Результат работы программы .....	18
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	20
СПИСОК ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	21
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	22

## ВВЕДЕНИЕ

Цель работы: изучить метод Электра II и научиться применять его в нахождении оптимального решения в выбранной предметной области.

Предметная область: выбор оптимального высшего учебного заведения.

Метод Электра II состоит из нескольких этапов. На первом этапе определяется множество решений и для каждого из  $N$  критериев определяется вес – число, характеризующее важность соответствующего критерия. На втором этапе для каждой пары альтернатив вычисляется  $P^+$  - сумма весов критериев, по которым одна альтернатива предпочтительнее другой, и  $P^-$  - сумма весов критериев, по которым эта же альтернатива менее предпочтительна по сравнению с другой. На третьем этапе вычисляются отношения  $P^+ / P^-$ , и если полученное отношение больше 1, то оно сохраняется в матрицу, а если меньше или равно, то не сохраняется.

На основе полученной матрицы строится граф предпочтений, и если в нём обнаруживаются петли, то назначается порог, который отбрасывает слабые связи, т.е. те пары альтернатив, которые не сильно отличаются друг от друга. Если в графе не осталось петель и граф остался целостным, то выбирается та альтернатива, к которой не идёт ни одно ребро на графе. Она является оптимальной.

# 1 МЕТОД ЭЛЕКТРА II

## 1.1 Выбор лучшего варианта

Составлена таблица критериев, по которым оцениваются университеты (Таблица 1).

Таблица 1 – Таблица критериев для оценки альтернатив

Критерии	Вес критерия	Шкала	Код	Стремление
Проходной балл (+)	4	Более 270	15	max
		Более 250	10	
		Не более 250	5	
Количество бюджетных мест (-)	5	Более 100	15	min
		Более 50	10	
		Не более 50	5	
Стоимость обучения (руб.) (+)	2	Более 350 тыс. рублей	15	max
		Более 250 тыс. рублей	10	
		Не более 250 тыс.	5	
Размер стипендии (руб.) (+)	5	Больше 2 тыс. рублей	10	max
		Не более 2 тыс. рублей	5	
Рейтинг университета (баллы) (+)	2	Больше 900 баллов	15	max
		Больше 800 баллов	10	
		Не более 800	5	
Расстояние до общежития (км) (-)	4	Больше 10 км	15	min
		Больше 5 км	10	
		Не более 5 км	5	

Составлена таблица оценок выбора оптимального технического университета. Для 10-ти альтернатив заполнена Таблица 2.

Таблица 2 – Таблица оценок по критериям

№	Варианты решений	Критерии					
		Проходной балл (+)	Количество бюджетных мест (-)	Стоимость обучения (руб.) (+)	Размер стипендии (руб.) (+)	Рейтинг университета (баллы) (+)	Расстояние до общежития (км) (-)
1	РТУ МИРЭА	15	15	10	10	10	5
2	МГТУ имени Н.Э. Баумана	15	10	15	10	15	15
3	ВШЭ	15	15	15	10	10	5
4	МАИ	5	5	10	5	5	5
5	ИТМО	15	5	10	10	10	10
6	СПбГУ	15	5	10	10	15	15
7	МТУСИ.	10	10	10	5	5	5
8	СГУ им. Чернышевского	5	5	5	5	10	5
9	НИЯУ МИФИ	15	5	10	10	15	15
10	МФТИ	15	5	15	5	15	15
Вес		4	5	2	5	2	4
Стремление		max	min	max	max	max	min

## 1.2 Веса предпочтений

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

$$P_{12} = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 = 4;$$

$$N_{12} = 0 + 5 + 2 + 0 + 2 + 0 = 9;$$

$$D_{12} = P_{12} / N_{12} = 4/9 = 0.44 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

$$P_{21} = 0 + 5 + 2 + 0 + 2 + 0 = 9;$$

$$N_{21} = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 = 4;$$

$$D_{21} = P_{21} / N_{21} = 9/4 = 2.25 > 1 - \text{принимаем.}$$

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

$$P13 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 0;$$

$$N13 = 0 + 0 + 2 + 0 + 0 + 0 = 2;$$

$$D13 = P13 / N13 = 0/2 = 0 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

$$P31 = 0 + 0 + 2 + 0 + 0 + 0 = 2;$$

$$N31 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 0;$$

$$D31 = P31 / N31 = 2/0 = \infty > 1 - \text{принимаем.}$$

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

$$P14 = 4 + 0 + 0 + 5 + 2 + 0 = 11;$$

$$N14 = 0 + 5 + 0 + 0 + 0 + 0 = 5;$$

$$D14 = P14 / N14 = 11/5 = 2.2 > 1 - \text{принимаем.}$$

$$P41 = 0 + 5 + 0 + 0 + 0 + 0 = 5;$$

$$N41 = 4 + 0 + 0 + 5 + 2 + 0 = 11;$$

$$D41 = P41 / N41 = 5/11 = 0.45 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

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

$$P15 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 = 4;$$

$$N15 = 0 + 5 + 0 + 0 + 0 + 0 = 5;$$

$$D15 = P15 / N15 = 4/5 = 0.8 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

$$P51 = 0 + 5 + 0 + 0 + 0 + 0 = 5;$$

$$N51 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 = 4;$$

$$D51 = P51 / N51 = 5/4 = 1.25 > 1 - \text{принимаем.}$$

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

$$P16 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 = 4;$$

$$N16 = 0 + 5 + 0 + 0 + 2 + 0 = 7;$$

$$D16 = P16 / N16 = 4/7 = 0.57 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

$$P61 = 0 + 5 + 0 + 0 + 2 + 0 = 7;$$

$$N61 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 = 4;$$

$$D61 = P61 / N61 = 7/4 = 1.75 > 1 - \text{принимаем.}$$

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

$$P17 = 4 + 0 + 0 + 5 + 2 + 0 = 11;$$

$$N17 = 0 + 5 + 0 + 0 + 0 + 0 = 5;$$

$D17 = P17 / N17 = 11/5 = 2.2 > 1$  - принимаем.

$P71 = 0 + 5 + 0 + 0 + 0 + 0 = 5$ ;

$N71 = 4 + 0 + 0 + 5 + 2 + 0 = 11$ ;

$D71 = P71 / N71 = 5/11 = 0.45 \leq 1$  - отбрасываем.

Рассмотрим альтернативы 1 и 8 ( $i = 1, j = 8$ ):

$P18 = 4 + 0 + 2 + 5 + 0 + 0 = 11$ ;

$N18 = 0 + 5 + 0 + 0 + 0 + 0 = 5$ ;

$D18 = P18 / N18 = 11/5 = 2.2 > 1$  - принимаем.

$P81 = 0 + 5 + 0 + 0 + 0 + 0 = 5$ ;

$N81 = 4 + 0 + 2 + 5 + 0 + 0 = 11$ ;

$D81 = P81 / N81 = 5/11 = 0.45 \leq 1$  - отбрасываем.

Рассмотрим альтернативы 1 и 9 ( $i = 1, j = 9$ ):

$P19 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 = 4$ ;

$N19 = 0 + 5 + 0 + 0 + 2 + 0 = 7$ ;

$D19 = P19 / N19 = 4/7 = 0.57 \leq 1$  - отбрасываем.

$P91 = 0 + 5 + 0 + 0 + 2 + 0 = 7$ ;

$N91 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 = 4$ ;

$D91 = P91 / N91 = 7/4 = 1.75 > 1$  - принимаем.

Рассмотрим альтернативы 1 и 10 ( $i = 1, j = 10$ ):

$P110 = 0 + 0 + 0 + 5 + 0 + 4 = 9$ ;

$N110 = 0 + 5 + 2 + 0 + 2 + 0 = 9$ ;

$D110 = P110 / N110 = 9/9 = 1 \leq 1$  - отбрасываем.

$P1010 = 0 + 5 + 2 + 0 + 2 + 0 = 9$ ;

$N1010 = 0 + 0 + 0 + 5 + 0 + 4 = 9$ ;

$D101 = P101 / N101 = 9/9 = 1 \leq 1$  - отбрасываем.

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

$P23 = 0 + 5 + 0 + 0 + 2 + 0 = 7$ ;

$N23 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 = 4$ ;

$D23 = P23 / N23 = 7/4 = 1.75 > 1$  - принимаем.

$P32 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 = 4$ ;

$$N_{32} = 0 + 5 + 0 + 0 + 2 + 0 = 7;$$

$$D_{32} = P_{32} / N_{32} = 4/7 = 0.57 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

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

$$P_{24} = 4 + 0 + 2 + 5 + 2 + 0 = 13;$$

$$N_{24} = 0 + 5 + 0 + 0 + 0 + 4 = 9;$$

$$D_{24} = P_{24} / N_{24} = 13/9 = 1.44 > 1 - \text{принимаем.}$$

$$P_{42} = 0 + 5 + 0 + 0 + 0 + 4 = 9;$$

$$N_{42} = 4 + 0 + 2 + 5 + 2 + 0 = 13;$$

$$D_{42} = P_{42} / N_{42} = 9/13 = 0.69 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

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

$$P_{25} = 0 + 0 + 2 + 0 + 2 + 0 = 4;$$

$$N_{25} = 0 + 5 + 0 + 0 + 0 + 4 = 9;$$

$$D_{25} = P_{25} / N_{25} = 4/9 = 0.44 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

$$P_{52} = 0 + 5 + 0 + 0 + 0 + 4 = 9;$$

$$N_{52} = 0 + 0 + 2 + 0 + 2 + 0 = 4;$$

$$D_{52} = P_{52} / N_{52} = 9/4 = 2.25 > 1 - \text{принимаем.}$$

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

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

$$N_{26} = 0 + 5 + 0 + 0 + 0 + 0 = 5;$$

$$D_{26} = P_{26} / N_{26} = 2/5 = 0.4 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

$$P_{62} = 0 + 5 + 0 + 0 + 0 + 0 = 5;$$

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

$$D_{62} = P_{62} / N_{62} = 5/2 = 2.5 > 1 - \text{принимаем.}$$

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

$$P_{27} = 4 + 0 + 2 + 5 + 2 + 0 = 13;$$

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

$$D_{27} = P_{27} / N_{27} = 13/4 = 3.25 > 1 - \text{принимаем.}$$

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

$$N_{72} = 4 + 0 + 2 + 5 + 2 + 0 = 13;$$

$$D_{72} = P_{72} / N_{72} = 4/13 = 0.31 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$



Рассмотрим альтернативы 2 и 8 ( $i = 2, j = 8$ ):

$$P_{28} = 4 + 0 + 2 + 5 + 2 + 0 = 13;$$

$$N_{28} = 0 + 5 + 0 + 0 + 0 + 4 = 9;$$

$$D_{28} = P_{28} / N_{28} = 13/9 = 1.44 > 1 - \text{принимаем.}$$

$$P_{82} = 0 + 5 + 0 + 0 + 0 + 4 = 9;$$

$$N_{82} = 4 + 0 + 2 + 5 + 2 + 0 = 13;$$

$$D_{82} = P_{82} / N_{82} = 9/13 = 0.69 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

Рассмотрим альтернативы 2 и 9 ( $i = 2, j = 9$ ):

$$P_{29} = 0 + 0 + 2 + 0 + 0 + 0 = 2;$$

$$N_{29} = 0 + 5 + 0 + 0 + 0 + 0 = 5;$$

$$D_{29} = P_{29} / N_{29} = 2/5 = 0.4 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

$$P_{92} = 0 + 5 + 0 + 0 + 0 + 0 = 5;$$

$$N_{92} = 0 + 0 + 2 + 0 + 0 + 0 = 2;$$

$$D_{92} = P_{92} / N_{92} = 5/2 = 2.5 > 1 - \text{принимаем.}$$

Рассмотрим альтернативы 2 и 10 ( $i = 2, j = 10$ ):

$$P_{210} = 0 + 0 + 0 + 5 + 0 + 0 = 5;$$

$$N_{210} = 0 + 5 + 0 + 0 + 0 + 0 = 5;$$

$$D_{210} = P_{210} / N_{210} = 5/5 = 1 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

$$P_{1020} = 0 + 5 + 0 + 0 + 0 + 0 = 5;$$

$$N_{1020} = 0 + 0 + 0 + 5 + 0 + 0 = 5;$$

$$D_{102} = P_{102} / N_{102} = 5/5 = 1 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

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

$$P_{34} = 4 + 0 + 2 + 5 + 2 + 0 = 13;$$

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

$$D_{34} = P_{34} / N_{34} = 13/5 = 2.6 > 1 - \text{принимаем.}$$

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

$$N_{43} = 4 + 0 + 2 + 5 + 2 + 0 = 13;$$

$$D_{43} = P_{43} / N_{43} = 5/13 = 0.38 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

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

$$P_{35} = 0 + 0 + 2 + 0 + 0 + 4 = 6;$$

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

$$D_{35} = P_{35} / N_{35} = 6/5 = 1.2 > 1 - \text{принимаем.}$$

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

$$N_{53} = 0 + 0 + 2 + 0 + 0 + 4 = 6;$$

$$D_{53} = P_{53} / N_{53} = 5/6 = 0.83 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

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

$$P_{36} = 0 + 0 + 2 + 0 + 0 + 4 = 6;$$

$$N_{36} = 0 + 5 + 0 + 0 + 2 + 0 = 7;$$

$$D_{36} = P_{36} / N_{36} = 6/7 = 0.86 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

$$P_{63} = 0 + 5 + 0 + 0 + 2 + 0 = 7;$$

$$N_{63} = 0 + 0 + 2 + 0 + 0 + 4 = 6;$$

$$D_{63} = P_{63} / N_{63} = 7/6 = 1.17 > 1 - \text{принимаем.}$$

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

$$P_{37} = 4 + 0 + 2 + 5 + 2 + 0 = 13;$$

$$N_{37} = 0 + 5 + 0 + 0 + 0 + 0 = 5;$$

$$D_{37} = P_{37} / N_{37} = 13/5 = 2.6 > 1 - \text{принимаем.}$$

$$P_{73} = 0 + 5 + 0 + 0 + 0 + 0 = 5;$$

$$N_{73} = 4 + 0 + 2 + 5 + 2 + 0 = 13;$$

$$D_{73} = P_{73} / N_{73} = 5/13 = 0.38 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

Рассмотрим альтернативы 3 и 8 ( $i = 3, j = 8$ ):

$$P_{38} = 4 + 0 + 2 + 5 + 0 + 0 = 11;$$

$$N_{38} = 0 + 5 + 0 + 0 + 0 + 0 = 5;$$

$$D_{38} = P_{38} / N_{38} = 11/5 = 2.2 > 1 - \text{принимаем.}$$

$$P_{83} = 0 + 5 + 0 + 0 + 0 + 0 = 5;$$

$$N_{83} = 4 + 0 + 2 + 5 + 0 + 0 = 11;$$

$$D_{83} = P_{83} / N_{83} = 5/11 = 0.45 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

Рассмотрим альтернативы 3 и 9 ( $i = 3, j = 9$ ):

$$P_{39} = 0 + 0 + 2 + 0 + 0 + 4 = 6;$$

$$N_{39} = 0 + 5 + 0 + 0 + 2 + 0 = 7;$$

$$D_{39} = P_{39} / N_{39} = 6/7 = 0.86 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

$$P_{93} = 0 + 5 + 0 + 0 + 2 + 0 = 7;$$

$$N_{93} = 0 + 0 + 2 + 0 + 0 + 4 = 6;$$

$$D_{93} = P_{93} / N_{93} = 7/6 = 1.17 > 1 - \text{принимаем.}$$

Рассмотрим альтернативы 3 и 10 ( $i = 3, j = 10$ ):

$$P_{310} = 0 + 0 + 0 + 5 + 0 + 4 = 9;$$

$$N_{310} = 0 + 5 + 0 + 0 + 2 + 0 = 7;$$

$$D_{310} = P_{310} / N_{310} = 9/7 = 1.29 > 1 - \text{принимаем.}$$

$$P_{1030} = 0 + 5 + 0 + 0 + 2 + 0 = 7;$$

$$N_{1030} = 0 + 0 + 0 + 5 + 0 + 4 = 9;$$

$$D_{103} = P_{103} / N_{103} = 7/9 = 0.78 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

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

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

$$N_{45} = 4 + 0 + 0 + 5 + 2 + 0 = 11;$$

$$D_{45} = P_{45} / N_{45} = 4/11 = 0.36 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

$$P_{54} = 4 + 0 + 0 + 5 + 2 + 0 = 11;$$

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

$$D_{54} = P_{54} / N_{54} = 11/4 = 2.75 > 1 - \text{принимаем.}$$

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

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

$$N_{46} = 4 + 0 + 0 + 5 + 2 + 0 = 11;$$

$$D_{46} = P_{46} / N_{46} = 4/11 = 0.36 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

$$P_{64} = 4 + 0 + 0 + 5 + 2 + 0 = 11;$$

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

$$D_{64} = P_{64} / N_{64} = 11/4 = 2.75 > 1 - \text{принимаем.}$$

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

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

$$N_{47} = 4 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 4;$$

$$D_{47} = P_{47} / N_{47} = 5/4 = 1.25 > 1 - \text{принимаем.}$$

$$P_{74} = 4 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 4;$$

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

$$D74 = P74 / N74 = 4/5 = 0.8 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

Рассмотрим альтернативы 4 и 8 ( $i = 4, j = 8$ ):

$$P48 = 0 + 0 + 2 + 0 + 0 + 0 = 2;$$

$$N48 = 0 + 0 + 0 + 0 + 2 + 0 = 2;$$

$$D48 = P48 / N48 = 2/2 = 1 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

$$P84 = 0 + 0 + 0 + 0 + 2 + 0 = 2;$$

$$N84 = 0 + 0 + 2 + 0 + 0 + 0 = 2;$$

$$D84 = P84 / N84 = 2/2 = 1 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

Рассмотрим альтернативы 4 и 9 ( $i = 4, j = 9$ ):

$$P49 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 = 4;$$

$$N49 = 4 + 0 + 0 + 5 + 2 + 0 = 11;$$

$$D49 = P49 / N49 = 4/11 = 0.36 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

$$P94 = 4 + 0 + 0 + 5 + 2 + 0 = 11;$$

$$N94 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 = 4;$$

$$D94 = P94 / N94 = 11/4 = 2.75 > 1 - \text{принимаем.}$$

Рассмотрим альтернативы 4 и 10 ( $i = 4, j = 10$ ):

$$P410 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 = 4;$$

$$N410 = 4 + 0 + 2 + 0 + 2 + 0 = 8;$$

$$D410 = P410 / N410 = 4/8 = 0.5 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

$$P1040 = 4 + 0 + 2 + 0 + 2 + 0 = 8;$$

$$N1040 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 = 4;$$

$$D104 = P104 / N104 = 8/4 = 2 > 1 - \text{принимаем.}$$

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

$$P56 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 = 4;$$

$$N56 = 0 + 0 + 0 + 0 + 2 + 0 = 2;$$

$$D56 = P56 / N56 = 4/2 = 2 > 1 - \text{принимаем.}$$

$$P65 = 0 + 0 + 0 + 0 + 2 + 0 = 2;$$

$$N65 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 = 4;$$

$$D65 = P65 / N65 = 2/4 = 0.5 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

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

$$P57 = 4 + 5 + 0 + 5 + 2 + 0 = 16;$$

$$N57 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 = 4;$$

$$D57 = P57 / N57 = 16/4 = 4 > 1 - \text{принимаем.}$$

$$P75 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 = 4;$$

$$N75 = 4 + 5 + 0 + 5 + 2 + 0 = 16;$$

$$D75 = P75 / N75 = 4/16 = 0.25 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

Рассмотрим альтернативы 5 и 8 ( $i = 5, j = 8$ ):

$$P58 = 4 + 0 + 2 + 5 + 0 + 0 = 11;$$

$$N58 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 = 4;$$

$$D58 = P58 / N58 = 11/4 = 2.75 > 1 - \text{принимаем.}$$

$$P85 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 = 4;$$

$$N85 = 4 + 0 + 2 + 5 + 0 + 0 = 11;$$

$$D85 = P85 / N85 = 4/11 = 0.36 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

Рассмотрим альтернативы 5 и 9 ( $i = 5, j = 9$ ):

$$P59 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 = 4;$$

$$N59 = 0 + 0 + 0 + 0 + 2 + 0 = 2;$$

$$D59 = P59 / N59 = 4/2 = 2 > 1 - \text{принимаем.}$$

$$P95 = 0 + 0 + 0 + 0 + 2 + 0 = 2;$$

$$N95 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 = 4;$$

$$D95 = P95 / N95 = 2/4 = 0.5 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

Рассмотрим альтернативы 5 и 10 ( $i = 5, j = 10$ ):

$$P510 = 0 + 0 + 0 + 5 + 0 + 4 = 9;$$

$$N510 = 0 + 0 + 2 + 0 + 2 + 0 = 4;$$

$$D510 = P510 / N510 = 9/4 = 2.25 > 1 - \text{принимаем.}$$

$$P1050 = 0 + 0 + 2 + 0 + 2 + 0 = 4;$$

$$N1050 = 0 + 0 + 0 + 5 + 0 + 4 = 9;$$

$$D105 = P105 / N105 = 4/9 = 0.44 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

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

$$P67 = 4 + 5 + 0 + 5 + 2 + 0 = 16;$$

$$N67 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 = 4;$$

$D67 = P67 / N67 = 16/4 = 4 > 1$  - принимаем.

$P76 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 = 4;$

$N76 = 4 + 5 + 0 + 5 + 2 + 0 = 16;$

$D76 = P76 / N76 = 4/16 = 0.25 \leq 1$  - отбрасываем.

Рассмотрим альтернативы 6 и 8 ( $i = 6, j = 8$ ):

$P68 = 4 + 0 + 2 + 5 + 2 + 0 = 13;$

$N68 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 = 4;$

$D68 = P68 / N68 = 13/4 = 3.25 > 1$  - принимаем.

$P86 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 = 4;$

$N86 = 4 + 0 + 2 + 5 + 2 + 0 = 13;$

$D86 = P86 / N86 = 4/13 = 0.31 \leq 1$  - отбрасываем.

Рассмотрим альтернативы 6 и 9 ( $i = 6, j = 9$ ):

$P69 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 0;$

$N69 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 0;$

$D69 = P69 / N69 = 0/0 = 1 \leq 1$  - отбрасываем.

$P96 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 0;$

$N96 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 0;$

$D96 = P96 / N96 = 0/0 = 1 \leq 1$  - отбрасываем.

Рассмотрим альтернативы 6 и 10 ( $i = 6, j = 10$ ):

$P610 = 0 + 0 + 0 + 5 + 0 + 0 = 5;$

$N610 = 0 + 0 + 2 + 0 + 0 + 0 = 2;$

$D610 = P610 / N610 = 5/2 = 2.5 > 1$  - принимаем.

$P1060 = 0 + 0 + 2 + 0 + 0 + 0 = 2;$

$N1060 = 0 + 0 + 0 + 5 + 0 + 0 = 5;$

$D106 = P106 / N106 = 2/5 = 0.4 \leq 1$  - отбрасываем.

Рассмотрим альтернативы 7 и 8 ( $i = 7, j = 8$ ):

$P78 = 4 + 0 + 2 + 0 + 0 + 0 = 6;$

$N78 = 0 + 5 + 0 + 0 + 2 + 0 = 7;$

$D78 = P78 / N78 = 6/7 = 0.86 \leq 1$  - отбрасываем.

$P87 = 0 + 5 + 0 + 0 + 2 + 0 = 7;$

$$N87 = 4 + 0 + 2 + 0 + 0 + 0 = 6;$$

$$D87 = P87 / N87 = 7/6 = 1.17 > 1 - \text{принимаем.}$$

Рассмотрим альтернативы 7 и 9 ( $i = 7, j = 9$ ):

$$P79 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 = 4;$$

$$N79 = 4 + 5 + 0 + 5 + 2 + 0 = 16;$$

$$D79 = P79 / N79 = 4/16 = 0.25 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

$$P97 = 4 + 5 + 0 + 5 + 2 + 0 = 16;$$

$$N97 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 = 4;$$

$$D97 = P97 / N97 = 16/4 = 4 > 1 - \text{принимаем.}$$

Рассмотрим альтернативы 7 и 10 ( $i = 7, j = 10$ ):

$$P710 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 = 4;$$

$$N710 = 4 + 5 + 2 + 0 + 2 + 0 = 13;$$

$$D710 = P710 / N710 = 4/13 = 0.31 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

$$P1070 = 4 + 5 + 2 + 0 + 2 + 0 = 13;$$

$$N1070 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 = 4;$$

$$D107 = P107 / N107 = 13/4 = 3.25 > 1 - \text{принимаем.}$$

Рассмотрим альтернативы 8 и 9 ( $i = 8, j = 9$ ):

$$P89 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 = 4;$$

$$N89 = 4 + 0 + 2 + 5 + 2 + 0 = 13;$$

$$D89 = P89 / N89 = 4/13 = 0.31 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

$$P98 = 4 + 0 + 2 + 5 + 2 + 0 = 13;$$

$$N98 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 = 4;$$

$$D98 = P98 / N98 = 13/4 = 3.25 > 1 - \text{принимаем.}$$

Рассмотрим альтернативы 8 и 10 ( $i = 8, j = 10$ ):

$$P810 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 = 4;$$

$$N810 = 4 + 0 + 2 + 0 + 2 + 0 = 8;$$

$$D810 = P810 / N810 = 4/8 = 0.5 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

$$P1080 = 4 + 0 + 2 + 0 + 2 + 0 = 8;$$

$$N1080 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 = 4;$$

$$D108 = P108 / N108 = 8/4 = 2 > 1 - \text{принимаем.}$$

Рассмотрим альтернативы 9 и 10 ( $i = 9, j = 10$ ):

$$P_{910} = 0 + 0 + 0 + 5 + 0 + 0 = 5;$$

$$N_{910} = 0 + 0 + 2 + 0 + 0 + 0 = 2;$$

$$D_{910} = P_{910} / N_{910} = 5/2 = 2.5 > 1 - \text{принимаем.}$$

$$P_{1090} = 0 + 0 + 2 + 0 + 0 + 0 = 2;$$

$$N_{1090} = 0 + 0 + 0 + 5 + 0 + 0 = 5;$$

$$D_{109} = P_{109} / N_{109} = 2/5 = 0.4 \leq 1 - \text{отбрасываем.}$$

Составлена матрица предпочтений с внесенными и принятыми значениями

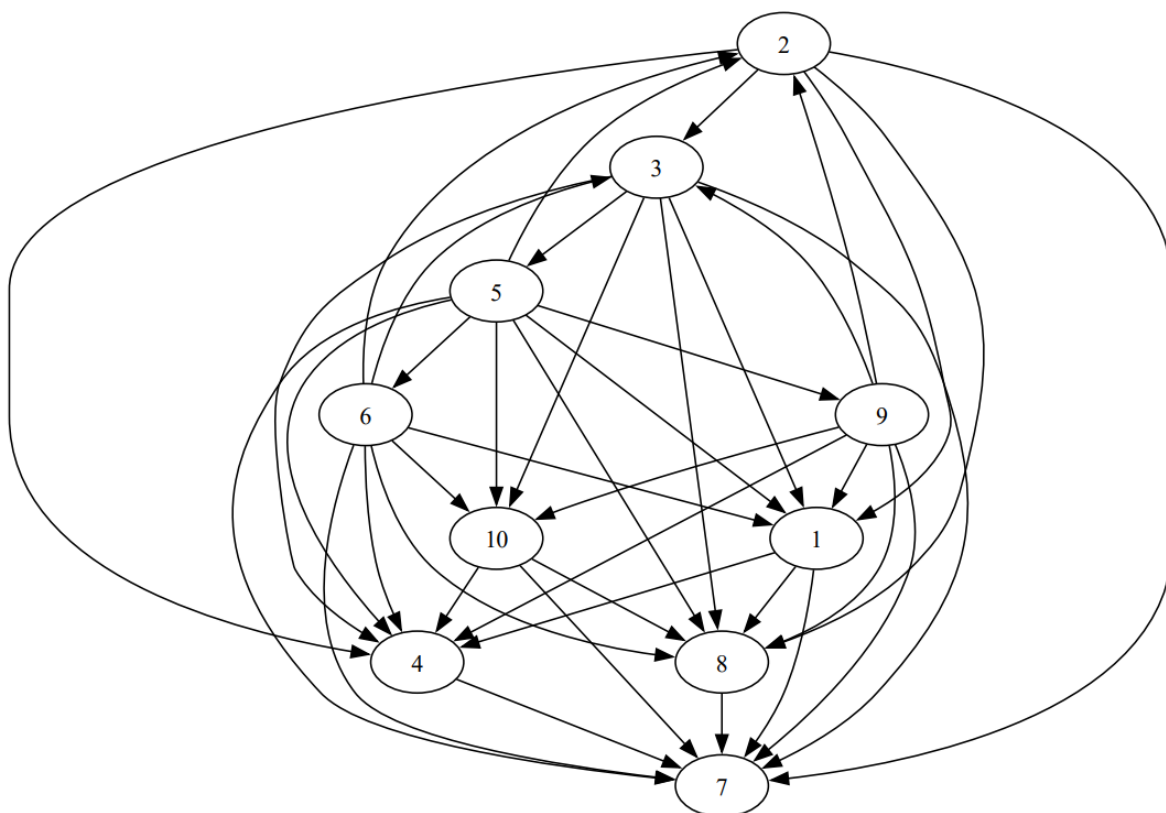
D (Таблица 3).

Таблица 3 – Полная матрица предпочтений альтернатив.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	-	-	2.2	-	-	2.2	2.2	-	-
2	2.25	-	1.75	1.44	-	-	3.25	1.44	-	-
3	$\infty$	-	-	2.6	1.2	-	2.6	2.2	-	1.29
4	-	-	-	-	-	-	1.25	-	-	-
5	1.25	2.25	-	2.75	-	2	4	2.75	2	2.25
6	1.75	2.5	1.17	2.75	-	-	4	3.25	-	2.5
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	1.17	-	-	-
9	1.75	2.5	1.17	2.75	-	-	4	3.25	-	2.5
10	-	-	-	2	-	-	3.25	2	-	-

По матрице построен граф предпочтений (Рисунок 1).





**Рисунок 1 – Вид графа предпочтений**

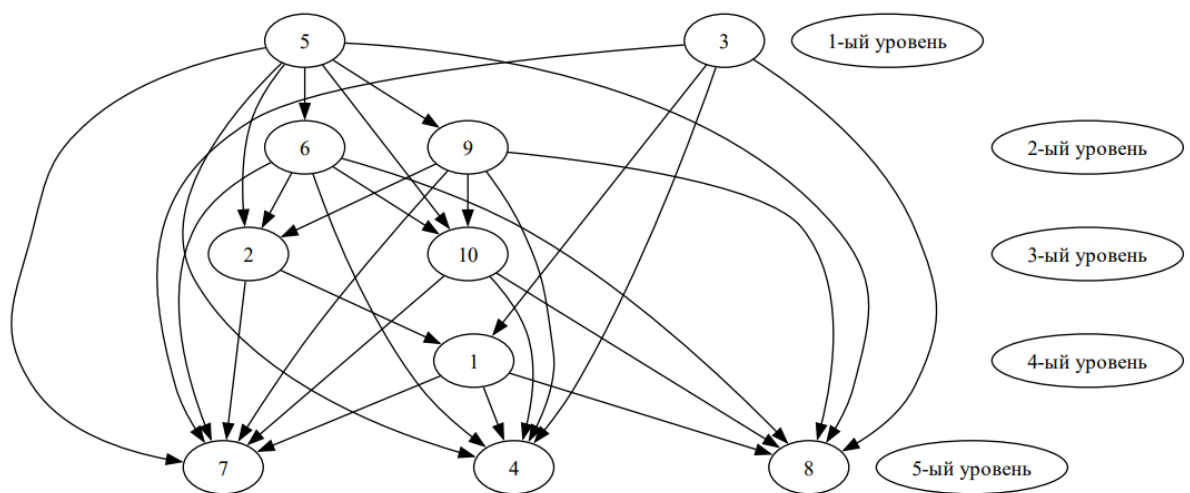
Назначен порог отбора предпочтений  $C = 1.76$  (это соответствует тому, что учитываются только более сильные связи в графе).

Таким образом, матрица разрезается. В ней остаются только самые сильные связи (Таблица 4).

*Таблица 4 – Матрица предпочтений проектов, при пороге  $C=1.76$*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	-	-	2.2	-	-	2.2	2.2	-	-
2	2.25	-	-	-	-	-	3.25	-	-	-
3	$\infty$	-	-	2.6	-	-	2.6	2.2	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	2.25	-	2.75	-	2	4	2.75	2	2.25
6	-	2.5	-	2.75	-	-	4	3.25	-	2.5
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	2.5	-	2.75	-	-	4	3.25	-	2.5
10	-	-	-	2	-	-	3.25	2	-	-

По этой матрице построен граф предпочтений (Рисунок 2).



**Рисунок 2 – Вид графа предпочтений для случая порога принятия решений  $C = 1.76$**

Циклов в графе нет, при этом граф остался целостным. Оптимальным решением является альтернатива А5 и А3.

### 1.3 Вывод

Метод Электра II позволяет определить оптимальное решение, уменьшив субъективный фактор, который был у метода Парето и у методов сужения, однако если ставить порог равным 1, то в графе могут появляться циклы, из-за которых невозможно определить оптимальное решение. Поэтому нужно экспериментально определять подходящее значение порога.

### 1.4 Результат работы программы

Матрица предпочтений:										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0	0	2.2	0	0	2.2	2.2	0	0
2	2.25	0	1.75	1.44	0	0	3.25	1.44	0	0
3	inf	0	0	2.6	1.2	0	2.6	2.2	0	1.29
4	0	0	0	0	0	0	1.25	0	0	0
5	1.25	2.25	0	2.75	0	2	4	2.75	2	2.25
6	1.75	2.5	1.17	2.75	0	0	4	3.25	0	2.5
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	1.17	0	0	0
9	1.75	2.5	1.17	2.75	0	0	4	3.25	0	2.5
10	0	0	0	2	0	0	3.25	2	0	0

**Рисунок 3 – Вывод матрицы предпочтений**

Матрица предпочтений:										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0	0	2.2	0	0	2.2	2.2	0	0
2	2.25	0	0	0	0	0	3.25	0	0	0
3	inf	0	0	2.6	0	0	2.6	2.2	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	2.25	0	2.75	0	2	4	2.75	2	2.25
6	0	2.5	0	2.75	0	0	4	3.25	0	2.5
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	2.5	0	2.75	0	0	4	3.25	0	2.5
10	0	0	0	2	0	0	3.25	2	0	0

**Рисунок 4 – Вывод матрицы предпочтений с порогом = 1.76**

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе данной практической работы мной был изучен метод Электра II из семейства Электра и применён для нахождения оптимального высшего технического заведения. Преимуществами метода является большая объективность по сравнению с методом Парето и его методами сужения, однако, чтобы получить единственное решение, необходимо дополнительно устанавливать порог стремления, чтобы на графе предпочтений не образовывалось петель и чтобы он оставался целостным.

## СПИСОК ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Болотова Л. С. Многокритериальная оптимизация. Болотова Л. С., Сорокин А. Б. [Электронный ресурс] / Метод. указания по вып. курсовой работы — М.: МИРЭА, 2015.
2. Сорокин А. Б. Методы оптимизации: гибридные генетические алгоритмы. Сорокин А. Б. [Электронный ресурс] / Учебно-метод. пособие — М.: МИРЭА, 2016.
3. Сорокин А. Б. Линейное программирование: практикум. Сорокин А. Б., Бражникова Е. В., Платонова О. В. [Электронный ресурс] / Учебно-метод. пособие — М.: МИРЭА, 2017.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

Приложение А – Код реализации метода Электра II на языке Python.

## Приложение А

### Код реализации метода Электра II на языке Python.

#### Листинг А.1. Реализация метода Электра II.

```
import csv
import math
from graphviz import Digraph

def print_matrix(c = 1):
    '''Функция для вывода матрицы предпочтений с порогом'''
    print('-' * (10 * (len(matrix)+1) + 4))
    print(11 * ' ', end='')
    for i in range(1, len(matrix) + 1):
        print(f'{i}'.ljust(11), end='')
    print('\n' + '-' * (10 * (len(matrix)+1) + 4))
    for i in range(len(matrix)):
        print(str(i+1).ljust(10), end='|')
        for j in range(len(matrix)):
            if matrix[i][j] < c:
                matrix[i][j] = 0
            print(str(matrix[i][j]).ljust(10), end=' ')
        print()
    print('-' * (10 * (len(matrix)+1) + 4))

def compare_alternatives(i, j, alt_i, alt_j, criteria):
    '''Функция для сравнения альтернатив по кодам'''
    P, N = 0, 0
    P_STR, N_STR = f'P{i}{j} =', f'N{i}{j} ='
    for i in range(len(criteria)):
        counter_i, counter_j = 0, 0
        code = criteria[i]['Код'].split(';')
        for border in criteria[i]['Шкала'].split(';')[1:]:
            if alt_i[i] < float(border):
                counter_i += 1
            if alt_j[i] < float(border):
                counter_j += 1
        alt_i[i] = float(code[counter_i])
        alt_j[i] = float(code[counter_j])
        if criteria[i]['Стремление'] == '-':
            alt_i[i] *= (-1)
            alt_j[i] *= (-1)
        if alt_i[i] > alt_j[i]:
            P += int(criteria[i]['Вес критерия'])
            P_STR += (' ' + criteria[i]['Вес критерия'] + ' +')
            N_STR += (' ' + str(0) + ' +')
        elif alt_i[i] < alt_j[i]:
            N += int(criteria[i]['Вес критерия'])
            N_STR += (' ' + criteria[i]['Вес критерия'] + ' +')
            P_STR += (' ' + str(0) + ' +')
        else:
            N_STR += (' ' + str(0) + ' +')
            P_STR += (' ' + str(0) + ' +')
    return P_STR.rstrip(' +') + f' = {P}', N_STR.rstrip(' +') + f' = {N}', P, N

def generate_matrix():
    '''Функция для генерации матрицы предпочтений'''
```

### Продолжение Листинга А.1

```
def get_D(P, N):
    '''Функция для расчёта D-стремления'''
    if N == 0 and P == 0:
        return 1
    elif N == 0 and P != 0:
        return math.inf
    value = P/N
    if math.floor(value) == math.ceil(value):
        value = int(value)
    else:
        value = round(value, 2)
    return value

def generate_D_STR(i, j, P, N):
    '''Функция для генерации D-стремления'''
    value = get_D(P, N)
    if value <= 1:
        return f'D{{i}}{{j}} = P{{i}}{{j}} / N{{i}}{{j}} = {P}/{N} = {value} <= 1 - отбрасываем.'
    else:
        if value == math.inf:
            value = '\u221e'
        return f'D{{i}}{{j}} = P{{i}}{{j}} / N{{i}}{{j}} = {P}/{N} = {value} > 1 - принимаем.'

for i in range(1, len(data)+1):
    for j in range(i+1, len(data)+1):
        print(f'Рассмотрим альтернативы {i} и {j} (i = {i}, j = {j}):')
        alt_i, alt_j = data[i-1].copy(), data[j-1].copy()
        P_STR, N_STR, P, N = compare_alternatives(
            i, j, alt_i, alt_j, criteria)
        print(P_STR+';', N_STR+';', sep='\n')
        print(generate_D_STR(i, j, P, N))
        D = get_D(P, N)
        if D > 1:
            matrix[i-1][j-1] = D
        print(f'P{{j}}{{i}}{N_STR[3:]};', f'N{{j}}{{i}}{P_STR[3:]};', sep='\n')
        print(generate_D_STR(j, i, N, P))
        D = get_D(N, P)
        if D > 1:
            matrix[j-1][i-1] = D

def draw_graph(c=1):
    '''Функция для рисования хаотичного графа с порогом'''
    dot = Digraph(f'Хаотичный Граф с порогом = {c}')
    for i in range(len(matrix)):
        dot.node(str(i+1))
    for i in range(len(matrix)):
        for j in range(len(matrix)):
            if matrix[i][j] >= c:
                dot.edge(str(i+1), str(j+1))
    dot.render(view=True)

def smart_draw_graph(levels, c=1):
    '''Функция для рисования графа по уровням с порогом'''
    dot1 = Digraph(f"Граф с порогом = {c}")
    for i in range(len(matrix)):
        for j in range(len(matrix)):
            if matrix[i][j] >= c:
```



### Продолжение Листинга А.1

```
        dot1.edge(str(i+1), str(j+1))
    for i in range(len(levels)):
        sub = Digraph(name='Подграф'+str(i))
        sub.attr(rank='same')
        sub.node(f'{i+1}-ый уровень')
        for j in levels[i]:
            sub.node(f'{j+1}')
        dot1.subgraph(sub)
    dot1.render(view=True)

def get_levels(c=1):
    '''Вспомогательная функция для определения уровня вершин'''
    levels = [] # массив всех вершин
    visited = [] # массив посещённых вершин
    while len(visited) < len(matrix):
        level = []
        for i in range(len(matrix)):
            if i in visited:
                continue
            flag = True
            for j in range(len(matrix)):
                if matrix[j][i] >= c:
                    flag = any(j in lev for lev in levels)
            if not flag:
                break
            if flag:
                level.append(i)
                visited.append(i)
        levels.append(level)
    print(f'{len(levels)}-ый уровень: ' +
          ', '.join(map(lambda x: str(x+1), level)))
    return levels

with open('TPR_PRACT2_LIST.csv', encoding='utf-8') as file, \
    open('codes.csv', encoding='utf-8') as criteria_file:
    criteria = [i for i in csv.DictReader(
        criteria_file)] # Информация о критериях
    data = list(map(lambda x: [float(i) for i in x], [
        i[1:] for i in csv.reader(file)][1:])) # Значения критериев для
    рассматриваемых альтернатив
    matrix = [[0]*len(data) for _ in range(len(data))] # Матрица предпочтений
    generate_matrix()
    print("Матрица предпочтений:".center(201))
    print_matrix()
    draw_graph()
    arg = 1.76
    smart_draw_graph(get_levels(c=arg), c=arg)
```