

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО РАНЖИРОВАНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

This article are considered aspects of estimation of efficiency of electric-lighting devices with the method of multicriterial ranging.

Выпускаемое многочисленными предприятиями оборудование имеет значительный разброс технических параметров. Эффективность оборудования оценивается различными экономическими показателями. Авторы предлагают методом многокритериального ранжирования определять показатель эффективности для комплексной оценки выбранного оборудования. Данный метод позволяет с помощью показателя эффективности оценить преимущества и недостатки сравниваемого оборудования, дает возможность выбрать оборудование по значительному количеству экономических и социальных показателей.

### Метод многокритериального ранжирования.

Пусть имеется  $N$  объектов  $x^j$ ,  $j$  меняется от 1 до  $N$ , и каждому объекту присущи  $S$  параметров, выраженных количественно. То есть имеется дискретный набор значений:

$$\begin{matrix} f_1^1 \dots f_1^N \\ \dots \dots \dots \\ f_s^1 \dots f_s^N \end{matrix}$$

где  $f_i^j$  – значение  $i$ -го параметра для  $j$ -го объекта.

Каждый параметр определенным образом влияет на эффективность выбранного устройства. Необходимо, зная параметры оборудования, рассчитать коэффициент эффективности оборудования.

Формулируется задача нечеткого математического программирования:

$$\begin{matrix} A_1 = \left\{ \left[ x^1 \mid \mu_1 \left( x^1 \right) \right], \dots, \left[ x^N \mid \mu_1 \left( x^N \right) \right] \right\} \\ \dots \dots \dots \\ A_K = \left\{ \left[ x^1 \mid \mu_K \left( x^1 \right) \right], \dots, \left[ x^N \mid \mu_K \left( x^N \right) \right] \right\} \end{matrix}$$

где  $\mu_i(x^j)$  – функция принадлежности элемента  $x^j$  ко множеству  $A_i$ , характеризующая степень близости значения  $i$ -го критерия в рассматриваемой пробной точке  $f_i^j=f(x^j)$  к максимально допустимому значению данного критерия.

На основе полученных значений функций принадлежности  $\mu_i^j$  для каждого оборудования рассчитывается агрегирующая функция:  $\mu^j=\mu_1^j * \dots * \mu_s^j$ , где  $*$  — некоторая бинарная операция. В качестве такой операции предпочтительно использовать функцию среднего геометрического [1, 2]. Каждому  $j$ -му объекту будет соответствовать единственный числовой параметр  $\mu^j$ . Значение агрегирующей функции для конкретного устройства и будет являться показателем его эффективности.

### Особенности определения исходных данных.

В ходе использования метода многокритериального ранжирования возникает необходимость исследования значений исходных данных, положенных в основу расчета.

В технических данных характеристики оборудования приводятся в цифровых и буквенных обозначениях. Например, данные на осветительную аппаратуру имеют такие показатели, как класс по светораспределению (аппаратура прямого света – П, преимущественно

прямого – Н, рассеянного – Р, преимущественно рассеянного – В, отраженного – О), кривые силы света, которая определяет ее форму (глубокая – Г, косинусная – Д, равномерная – М и т. д.).

Класс по светораспределению, показывающий характер распределения светового потока, определяет долю потока нижней полусферы от всего светового потока светильника –  $\Phi_0/\Phi$ , а основным признаком, определяющим тип кривой силы света – коэффициент формы кривой Кф, который равен отношению максимальной силы света светильника к средней арифметической для данной плоскости. В технических данных светильников эти параметры вводятся буквенными обозначениями, хотя им соответствуют и цифровые значения. При определении коэффициента эффективности эти данные должны вводиться в цифровом обозначении, а так как отношение  $\Phi_0/\Phi$  и Кф имеют максимальные и минимальные параметры, то это обстоятельство также должно учитываться [3, 4].

В основу расчета кладется экспертная оценка качества эталонного оборудования. Например, для шести наименований светильников, выпускаемых предприятиями России и Рижским светотехническим заводом (все светильники с двумя люминесцентными лампами т. ЛБ-2x40 Вт с пускорегулировочной аппаратурой электронными, электромагнитными и стартерами), определены оценки, приведенные в табл. 1.

Таблица 1

Значение функции принадлежности	Характеристика качества светильников
0,00	Плохое качество оборудования
0,20	Условно допустимое качество оборудования
0,37	Минимально допустимый уровень качества
0,50	Удовлетворительное качество аппаратуры
0,80	Отличное качество образца
1,00	Соответствует наилучшему уровню качества

Такие оценки являются субъективными. Для получения наиболее достоверных результатов значения функций принадлежности предлагается определять следующим образом: вычислить арифметическую сумму показателей эффективности сравниваемого оборудования, значение функции принадлежности оборудования с наилучшим уровнем качества принять за 1.00, а значения функций принадлежности остальных светильников определять отношением арифметической суммы их показателей к арифметической сумме эталонного.

### Пример расчета показателя эффективности выбранного устройства.

Значения параметров шести образцов осветительной аппаратуры с оценками качества из табл. 1 приведены в табл. 2.

Таблица 2

Параметры	Значения параметров, соответствующие узловым точкам функции принадлежности					
	Образцы аппаратуры					
	1	2	3	4	5	6
Класс по светораспределению – максимальное значение	40.00	40.00	60.00	80.00	88.00	90.00
Класс по светораспределению – минимальное значение	15.00	20.00	40.00	60.00	80.00	80.00
Показатель кривой света, Кф – максимальное значение	1.20	3.00	2.00	1.20	3.00	3.00
Показатель кривой света, Кф – минимальное значение	1.00	2.00	1.30	1.00	2.00	2.00
Защитный угол, град.	30.00	30.00	45.00	60.00	90.00	90.00
Габаритная яркость, кд	2000	2000	3000	3000	5000	5500
Коэффициент мощности с ПРА	0.5	0.6	0.83	0.83	0.93	0.93
Коэффициент полезного действия, %	45	57	60	63	60	70
Экономия электроэнергии, %	0	0	18	20	25	30

Исследования показали, что наилучшую точность дает построение функции принадлежности в виде полинома второй степени вида  $y=ax^2+bx+c$ .

С помощью опций среды EXCEL определяются коэффициенты **a**, **b** и **c** и рассчитываются соответствующие значения функций принадлежности и показатели качества.

Таблица 3

Параметры	Значения параметров, соответствующие узловым точкам функции принадлежности					
	Образцы аппаратуры					
	1	2	3	4	5	6
Класс по светораспределению – максимальное значение	0.1887	0.1887	0.4387	0.9287	1.1919	1.2637
Класс по светораспределению – минимальное значение	0.0776	0.1196	0.3176	0.5636	0.8576	0.8576
Показатель кривой света, Кф – максимальное значение	0.2501	0.667	0.3702	0.2501	0.667	0.667
Показатель кривой света, Кф – минимальное значение	0.25	0.6666	0.3699	0.25	0.6666	0.6666
Защитный угол, град.	0.1296	0.1296	0.3615	0.5799	0.9762	0.9762
Габаритная яркость, кд	0.0296	0.0296	0.2796	0.2796	0.5996	0.6421
Коэффициент мощности с ПРА	0.0683	0.0722	0.4988	0.4988	0.8658	0.8658
Коэффициент полезного действия, %	0.0815	0.4859	0.6275	0.7853	0.6275	1.2165
Экономия электроэнергии, %	0.0978	0.0978	0.402	0.4798	0.7128	1.0008
Показатель эффективности	0.1074	0.1720	0.3965	0.4640	0.7768	0.8805

Далее в расчетах вместо значений из табл. 1 берутся значения из табл. 4.

Таблица 4

Значение функции принадлежности	Характеристика качества светильников
0.37	Образец № 1
0.38	Образец № 2
0.56	Образец № 3
0.57	Образец № 4
0.93	Образец № 5
1.00	Образец № 6

Вновь рассчитываются коэффициенты **a**, **b** и **c**, соответствующие значения функций принадлежности и окончательные значения показателя качества. Результаты приведены в табл. 5.

Таблица 5

Параметры	Значения параметров, соответствующие узловым точкам функции принадлежности					
	Образцы аппаратуры					
	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6	7
Класс по светораспределению – максимальное значение	0.4633	0.4633	0.6333	1.0433	1.2745	1.3383
Класс по светораспределению – минимальное значение	0.3747	0.3762	0.4322	0.5682	0.7842	0.7842
Показатель кривой света, Кф – максимальное значение	0.4700	0.7666	0.5600	0.4700	0.7666	0.7666

1	2	3	4	5	6	7
Показатель кривой света, Кф –						
минимальное значение	0.4700	0.7666	0.5599	0.4700	0.7666	0.7666
Защитный угол, град.	0.3870	0.3870	0.4995	0.6390	0.9990	0.9990
Габаритная яркость, кд	0.3061	0.3061	0.4711	0.4711	0.7591	0.8223
Коэффициент мощности с ПРА	0.4042	0.3061	0.5969	0.5969	0.9479	0.9479
Коэффициент полезного действия, %	0.3838	0.5626	0.6478	0.7492	0.6478	1.0488
Экономия электроэнергии, %	0.3674	0.3674	0.5852	0.6494	0.8449	1.0904
<b>Показатель эффективности</b>	<b>0.3994</b>	<b>0.4507</b>	<b>0.5495</b>	<b>0.6085</b>	<b>0.8497</b>	<b>0.9355</b>

Полученные функции принадлежности:

$$y = 0.0003x^2 - 0.0215x + 0.8433$$

$$y = 0.0001x^2 - 0.0032x + 0.4002$$

$$y = 0.0523x^2 - 0.0549x + 0.4606$$

$$y = -0.0048x^2 + 0.3110x + 0.1638$$

$$y = 6E-05x^2 + 0.0030x + 0.2430$$

$$y = -7E-09x^2 + 0.0002x - 0.0659$$

$$y = 6.8035x^2 - 8.4645x + 2.9356$$

$$y = 0.0009x^2 - 0.0769x + 2.0218$$

$$y = 0.001x^2 - 0.0059x + 0.3674$$

Пусть нужно оценить осветительную аппаратуру, имеющую следующие показатели:

- класс по светораспределению: максимальное значение – 85, минимальное – 80;
- показатель кривой света: максимальное значение – 2.0, минимальное – 1.5;
- защитный угол, ° – 65;
- габаритная яркость – 3500;
- коэффициент мощности – 0.85;
- коэффициент полезного действия, % – 69;
- экономия электроэнергии, % – 20.

Подставив значения параметров, находим значения функций принадлежности и показателя эффективности. Он равен 0.72. Таким образом, выбранная аппаратура имеет достаточно высокое качество.

### Заключение

Метод многокритериального ранжирования позволяет более точно оценить преимущества и недостатки сравниваемых устройств, дает возможность сравнивать устройства по значительному количеству показателей, не снижая при этом точности оценки, используется даже при наличии малого количества сравниваемых объектов.

Поскольку в основу расчета кладется экспертная оценка качества эталонного оборудования, то потребовалось модернизировать метод с тем, чтобы снизить уровень субъективности при экспертной оценке оборудования.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач. – М.: Наука, 1998. – 552 с.
2. Слотин Ю.С. Многокритериальное ранжирование факторов // Сб. трудов Международной конференции по интервальным и стохастическим методам в науке и технике. 22–26 сентября 1992 г., Москва, Россия. С. 162–166.
3. Исследование операций (модели, системы, решения) // Сб. статей. Отв. ред. доктор физ.-мат. наук А.П. Абрамов. – М.: ВЦ РАН, 2000. – 67 с.
4. Кириленко А.И. Нормирование освещения и энергоэффективность // Энергия и менеджмент. Мн., 2001, № 3. – С. 23–25.