

УДК 001.8:664.001

Выбор технологического оборудования по относительным показателям технической оценки на основе спектрального метода

Д-р. техн. наук Орлов В.В., канд. физ.-мат. наук Петрунина Е.Б.

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет ИТМО
Институт холода и биотехнологий
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9*

Предложена процедура выбора технологического оборудования по относительным показателям технической оценки на основе спектрального метода. Применение разработанного алгоритма позволяет принимать решения в условиях неопределенной информации. Процедура выбора показана на примере фризера для мороженого.

Ключевые слова: показатели технической оценки, спектральный метод, неопределенная информация, принятие решений

Selection procedure of technological equipment according to relative data of a technical assessment based on the spectral method

D.Sc. Orlov V. V., Ph.D. Petrunina E. B.

*Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics.
Institute of Refrigeration and Biotechnology
191002, St. Petersburg, Lomonosov str., 9*

An algorithm is proposed for selecting processing equipment by using relative data of a technical assessment based on spectral method. The algorithm allows to take decisions in conditions of uncertain information. As an example, the selection procedure is demonstrated for the ice cream freezer.

Key words: indicators of technical assessment, spectral method, uncertain information, decision-making process.

Для выбора аппаратного оформления в пищевом машиностроении применяют обобщенный показатель типа «прибыль-издержки» или «эффективность-затраты». Очевидно, что сравнительная параметрическая оценка принципиально новых технических решений возможна только после изготовления образца и соответствующих испытаний, что не всегда экономически целесообразно. В связи с этим принятие решений при выбо-

ре приоритетных направлений развития техники в большинстве случаев производится субъективно с помощью интуитивной оценки, обобщения многолетнего инженерного опыта, конструкторского чутья и т. п. Повысить объективность принятия решений позволяет применение принципа Парето [1]. При этом для оценки веса технических характеристик, определяющих альтернативные варианты, необходимо включение в процедуру выбора трудно формализуемого блока «Эксперты». В этом случае возможно применение основанного на аппарате тупиковых тестов спектрального подхода [2].

Пусть имеется ряд вариантов аппаратурного оформления процессов переработки сельскохозяйственного сырья S_1, S_2, \dots, S_j . Представим этот ряд в виде матрицы принятия решений:

$$\mu_{np}(S) = \begin{array}{c|ccc} & 1 & 2 & n \\ \hline 1 & \mu_{11} & \mu_{12} & \mu_{1n} \\ 2 & \mu_{21} & \mu_{22} & \mu_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ j & \mu_{j1} & \mu_{j2} & \mu_{jn} \end{array} \quad (1)$$

где S_1, S_2, \dots, S_j – сравниваемые альтернативные варианты аппаратурных оформлений;

k_1, k_2, \dots, k_n – характеристики альтернативных вариантов (производительность, энергопотребление, габариты, уровень автоматизации и т. п.);

k_{im} – значение характеристики k_m для варианта S_i аппаратурного оформления ($i = 1..j, m = 1..n$)

Для перехода к безразмерным характеристикам альтернативных вариантов произведем нормировку: если рост характеристики улучшает качество альтернативного варианта, то

$$\bar{k}_{im} = \frac{k_{im}}{k'_{im}} \quad (2)$$

где $k'_m = \max(k_{i,m})$ по столбцу m матрицы (1).

Если рост характеристики ухудшает качество альтернативного варианта, то

$$\overline{k_{im}} = 1 - \frac{k_{im}}{k_m^*} \quad (3)$$

С помощью выражений (2) и (3) произведем переход от матрицы принятия решений к матрице решений

$$p(S) = \begin{pmatrix} \overline{k_{11}} \\ \vdots \\ \overline{k_{jm}} \end{pmatrix} \quad (4)$$

где $\overline{k_{11}}, \overline{k_{12}}, \dots, \overline{k_{jm}}$ – безразмерные характеристики альтернативных вариантов.

Затем определяем степень выраженности характеристики (g): если характеристика превышает некоторый заданный уровень, то полагают $k_{im} = 1$, в противном случае $k_{im} = 0$ ($i = 1..j, m = 1..n$).

. Критический уровень k_{jn}^{kp} выбираем таким образом, чтобы в полученной спектральной матрице (M_c) не было строк и столбцов, состоящих только из нулей.

$$c(S) = \begin{pmatrix} 11 & 12 & 1n \\ 21 & 22 & 2n \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ j1 & j2 & jn \end{pmatrix} \quad (5)$$

где $g_{im} = 1$ при $k_{im} \geq k_{jn}^{kp}$, $g_{im} = 0$ при $k_{im} < k_{jn}^{kp}$ ($i = 1..j, m = 1..n$)

Влияние характеристик на качество функционирования исследуемых аппаратурных оформлений процессов определяем, исходя из нагрузок строк (значимость объекта)

и столбцов (значимость характеристики объекта) матрицы $M_c(S)$. По теории аппарата типовых тестов нагрузку строк (π) определяем с учетом нагрузки столбцов (ω), а нагрузку столбцов определяем с учетом нагрузки строк:

– для строки:

$$\pi(\omega) = G_{\omega 1}g_{11} + G_{\omega 2}g_{12} + \dots + G_{\omega n}g_{jn} \quad (6)$$

$$G_{\omega n} = \sum_1^n g_{jn} \quad (7)$$

где G_{ω} – нормированный вес столбца;

– для столбца:

$$\omega(\pi) = G_{\pi 1}g_{11} + G_{\pi 2}g_{21} + \dots + G_{\pi n}g_{jn} \quad (8)$$

$$G_{\pi n} = \sum_1^n g_{jn} \quad (9)$$

где G_{π} – нормированный вес строки.

Начальные веса строк и столбцов определим по формулам:

$$G_{\pi}^0 = g_{11} + g_{12} + \dots + g_{1n}, \quad (10)$$

$$G_{\omega}^0 = g_{11} + g_{21} + \dots + g_{j1} \quad (11)$$

После нахождения значимости нагрузки столбцов и весов по формулам (6) и (8) расчет повторяем с учетом найденных значений. Расчет прекращаем при получении заданной точности сходимости итерационного процесса.

Применение рассмотренного спектрального подхода рассмотрим на примере выбора оптимального варианта фризера малой производительности для мороженого по характеристикам, приведенным в табл. 1 (данные взяты из каталога [3]). Для простоты под габаритом будем понимать объем, занимаемый аппаратом.

Таблица 1.

Технические характеристики фризеров

Тип Характеристика	УСФП-20	ФМ-Б	ФМ-Б.01	ФМ-Р	ФМ-РА
Производительность,	5,56	3,33	4,17	4,47	4,17

кг/с · 10 ³					
Мощность, кВт	3,0	1,0	1,6	1,6	1,6
Габариты, м ³	0,906	0,26	0,339	0,522	0,510
Масса, кг	200	110	137	165	165

Введем обозначения характеристик: производительность – k_1 , мощность – k_2 , габариты – k_3 , масса – k_4 . Фризеры, в соответствии с табл.1, обозначим $S_{\phi 1}$, $S_{\phi 2}$, $S_{\phi 3}$, $S_{\phi 4}$, $S_{\phi 5}$. Тогда по формуле 1 матрица принятия решений имеет вид:

$$\mu_{np}(S_{\phi}) = \begin{array}{c} \mu \\ \begin{array}{c} \phi 1 \\ \phi 2 \\ \phi 3 \\ \phi 4 \\ \phi 5 \end{array} \end{array} \left\| \begin{array}{cccc} 1 & 2 & 4 & 4 \\ ,56 & ,0 & ,906 & 00 \\ ,33 & ,0 & ,260 & 10 \\ ,17 & ,6 & ,339 & 37 \\ ,17 & ,6 & ,522 & 65 \\ ,17 & ,6 & ,510 & 65 \end{array} \right\|$$

Матрицу принятия решений типа (4) получим, нормируя характеристики с помощью формул (2) и (4):

$$\mu_{np}(S_{\phi}) = \begin{array}{c} \mu \\ \begin{array}{c} \phi 1 \\ \phi 2 \\ \phi 3 \\ \phi 4 \\ \phi 5 \end{array} \end{array} \left\| \begin{array}{cccc} ,6 & ,67 & ,71 & ,45 \\ ,75 & ,47 & ,63 & ,32 \\ ,75 & ,47 & ,42 & ,18 \\ ,75 & ,47 & ,44 & ,18 \end{array} \right\|$$

Исходя из анализа характеристик фризеров, приведенных в табл.1, примем следующие критические уровни характеристик:

$k_{1кр} \geq 0,8$, $k_{2кр} \geq 0,6$, $k_{3кр} \geq 0,6$ и $k_{4кр} \geq 0,8$. Тогда в соответствии с (5) спектральная матрица имеет вид:

$${}_{np}(S_{\phi}) = \begin{array}{c} \mu \\ \left| \right. \\ \left. \right| \end{array}$$

Дальнейшая схема расчета по полученной матрице приведена на рис.1.

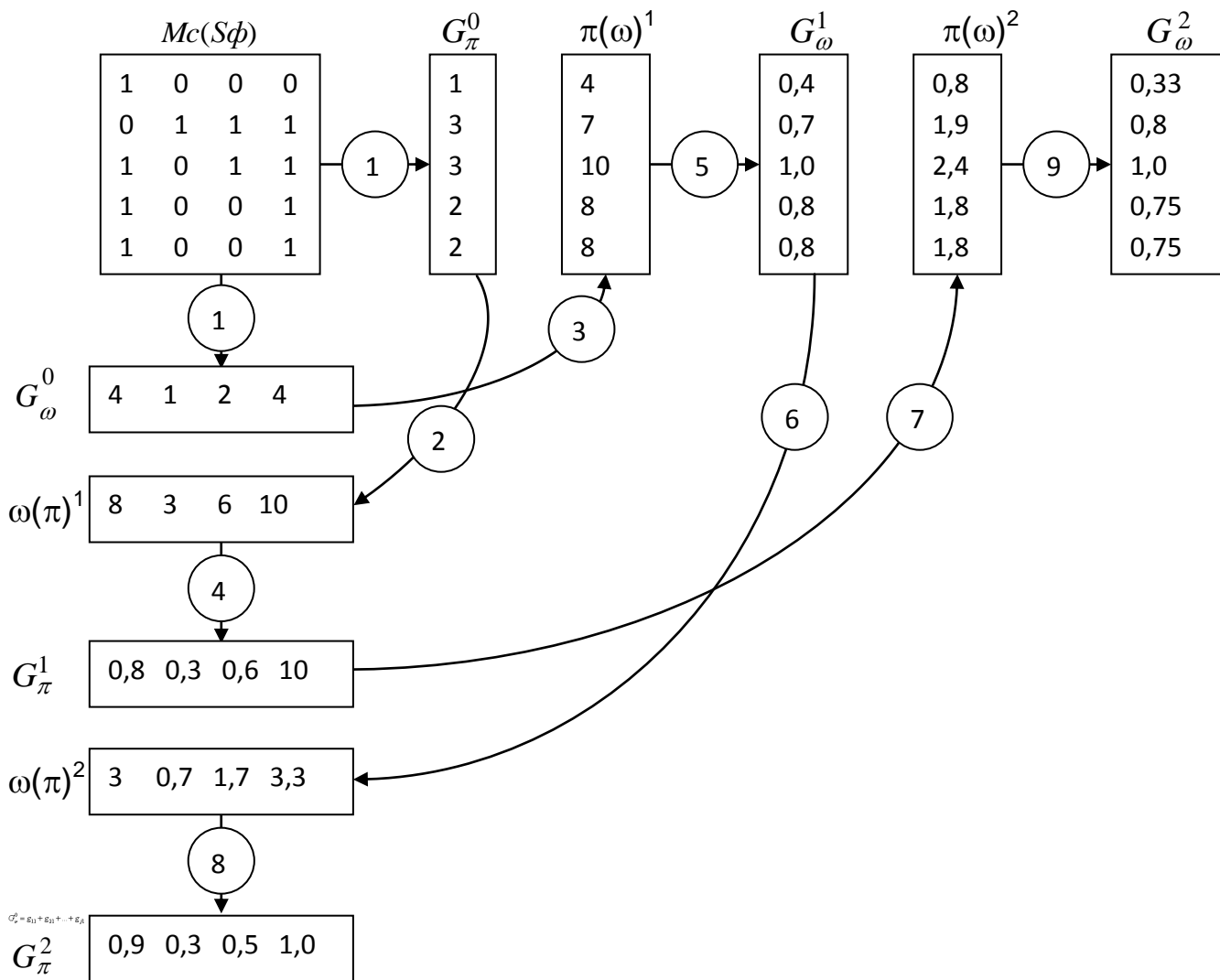


Рис. 1. Расчетная схема выбора оптимального варианта фризера в соответствии со спектральным подходом к определению весовости характеристик объекта (цифры в кружках обозначают последовательность шагов расчета).

На первом шаге определим по формулам (10) и (11) начальные веса строк (G_{π}^0) и столбцов (G_{ω}^0). На втором шаге определяется нагрузка столбцов с учетом начальных весов строк $\omega(\pi)^1$, на третьем – нагрузка строк с учетом начальных весов столбцов $\pi(\omega)^1$. Четвертый шаг – нормировка нагрузки по столбцам (G_{π}^1), пятый – нормировка нагрузки по строкам G_{ω}^1 !!!.

На втором этапе (шаги 6 – 9) и последующих этапах расчета повторяют шаги 2 – 5. Итерационный процесс сходится к величинам предельных нагрузок. В данном случае для нагрузок по строкам имеем: $G_{\omega} \sim (0,3; 0,7; 1,0; 0,8; 0,8)$.

Полученный результат дает возможность принять решение при выборе представленных в табл. 1 фризеров для мороженого. Наиболее оптимальным является аппаратурное решение фризера ФМ-Б.01. Заметим, что согласно начальным весам строк (G_x^0) фризеры ФМ-Б и ФМ-Б.01 равноценны.

Предложенный подход может найти применение при выборе технологического оборудования в ходе модернизации, реконструкции, выборе направлений инвестиционных вложений, в том числе в тех случаях, когда варианты технических решений представлены на уровне патентного или рекламного описания, научной разработки и т. п.

Список литературы:

1. Орлов В.В. Выбор оборудования с использованием принципа Парето // Молочная промышленность. – 2008 г. – № 11. – с. 88.
2. Васильев Ю.А., Дмитриев А.Н. Спектральный подход к сравнению объектов, охарактеризованных набором признаков. // ДАН СССР. 1972. – Т 206. – № 6. – с. 1309 – 1312.
3. Машины и оборудование для агропромышленного комплекса. // Каталог. – Агропром издат. – Т. 1 – 6. – 2000.