

УДК 004.021

В. Л. Колесников, доктор технических наук, профессор (БГТУ);
А. И. Бракович, кандидат технических наук, доцент (БГТУ);
Я. А. Жук, магистрант (БГТУ)

РЕШЕНИЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ ЗАДАЧ, ОПТИМАЛЬНЫХ ПО ПАРЕТО

В статье представлена математическая и программная реализация процесса построения диаграммы Парето на основании набора технологических режимов и требований к показателям качества, приведена блок-схема алгоритма поиска Парето-оптимальных решений. Разработанное программное средство позволяет выполнить поиск Парето-оптимальных векторов и их оценку для выбора оптимального технологического режима.

The article describes the mathematical and software implementation process of building a Pareto chart based on a set of technological regimes and requirements for quality indicators. In article is shown a block diagram of the Pareto-optimal solutions search. The developed software tool allows to search for Pareto-optimal vectors and their evaluation for the optimal technological regime.

Введение. Множество состояний системы, оптимальных по Парето, называют множеством Парето, множеством альтернатив, оптимальных в смысле Парето, либо множеством Парето-оптимальных альтернатив. Ситуация, когда достигнута эффективность по Парето, – это ситуация, при которой все выгоды от совершенствования исчерпаны.

Само название «принцип Парето» для «принципа 20/80» предложил Джозеф Джуран в 1941 г. Соблюдение принципа очень часто встречается в самых разных областях. Например, в том, что 20% людей обладают 80% капитала, или 80% пользователей посещают 20% сайтов, 20% покупателей или клиентов приносят 80% прибыли. Но следует учитывать, что в этих утверждениях фундаментальными являются не приведенные числовые значения, а сам факт их существенного различия.

Значимых факторов немного, а факторов тривиальных множество – лишь единичные действия приводят к важным результатам. Большинство удачных событий обусловлено действием небольшого числа высокопроизводительных сил; большинство неприятностей связано с действием небольшого числа высокодеструктивных сил.

Несмотря на то что «20% усилий дают 80% результата», часто невозможно организовать деятельность так, чтобы не затрачивать остальные 80% усилий. В качестве примера можно указать на аналогичный принцип в науке, который гласит, что «20% ученых совершают 80% открытий, но это было бы невозможно, если бы не было оставшихся 80% ученых» [1].

Основная часть. Распределение Парето случайной величины X с параметрами x_m и k задается равенством:

$$F_X(x) = P(X < x) = 1, \quad \left(\frac{x_m}{x}\right)^k, \quad \forall x \geq x_m. \quad (1)$$

Плотность распределения Парето имеет вид:

$$f_X(x) = \begin{cases} \frac{kx_m^k}{x^{k+1}}, & x \geq x_m, \\ 0, & x < x_m. \end{cases} \quad (2)$$

Моменты случайной величины, имеющей распределение Парето, задаются формулой

$$E[X] = \frac{kx_m}{k+1},$$

$$D[X] = \left(\frac{x_m}{k+1}\right)^2 \frac{k}{k+2}. \quad (3)$$

Диаграмму Парето можно применять в сфере контроля качества для классификации возникающих проблем и выявлять среди них многочисленные, но существенно важные, а также многочисленные, но несущественные. В большинстве случаев подавляющее число дефектов и связанных с ними потерь возникают из-за относительно небольшого числа причин.

Диаграмма Парето позволяет распределить усилия для разрешения возникающих проблем и установить основные факторы, с которых нужно начинать действовать с целью преодоления возникающих проблем. Различают два вида диаграмм Парето – по результатам и по причинам.

Разработанное программное средство позволяет импортировать содержание электронной таблицы Excel, включающей наблюдения функционирования производственного комплекса, фиксировать требования к критериям (какие значения критерия соответствуют предельным допустимым условиям – максимальным или минимальным), получать упорядоченную информацию о количестве и процентном содержании плохих (проблемных) условий (векторов), приводящих к нарушению зафиксированных требований по каждому критерию.

Также программа строит диаграмму Парето, из которой видно, на регулирование каких критериев следует направить первоочередные научные, финансовые, организационные и другие усилия. На рис. 1 показан пример диаграммы, отражающей необходимость разработки мероприятий, способствующих повышению прочности и пластичности продукции, а также снижению ее себестоимости, поскольку примерно 75% всех проблем производства вызывают именно эти показатели. На второй вкладке интерфейса программы выполняется удаление неудовлетворяющих заданным требованиям критериев, поиск Парето-оптимальных векторов и их оценка. Вкладка содержит две таблицы для вывода входных и выходных данных при каждой операции, а также кнопку переноса выходных данных в таблицу входных данных для выполнения следующей операции. Блок-схема алгоритма поиска Парето-оптимальных решений представлена на рис. 2.

Чтобы ранжировать Парето-оптимальные векторы по важности проблем, установленных по диаграмме Парето, вычисляется их комплексная оценка.

Комплексная оценка Парето-оптимального вектора M рассчитывается как произведение

частных оценок векторов M_i по оцениваемым критериям:

$$M = \prod_{i=1}^N M_i. \tag{4}$$

Частные оценки M_i рассчитываются в зависимости от типа критерия:

$$M_i = \left(\frac{y_i - B_i}{W_i} \frac{P_i}{20} \right), \tag{5}$$

где y_i – текущее значение i -го оцениваемого вектора; B_i – граница брака для i -го критерия; W_i – ширина диапазона значений i -го критерия; P_i – количество Парето-оптимальных векторов по i -му критерию.

Данная формула используется, если критерий подлежит максимизации:

$$M_i = \left(\frac{B_i - y_i}{W_i} \frac{P_i}{20} \right). \tag{6}$$

Эта формула используется, если критерий подлежит минимизации:

$$M_i = \left(\left(1 - \frac{|y_i - B_i|}{W_i} \right) \frac{P_i}{20} \right). \tag{7}$$

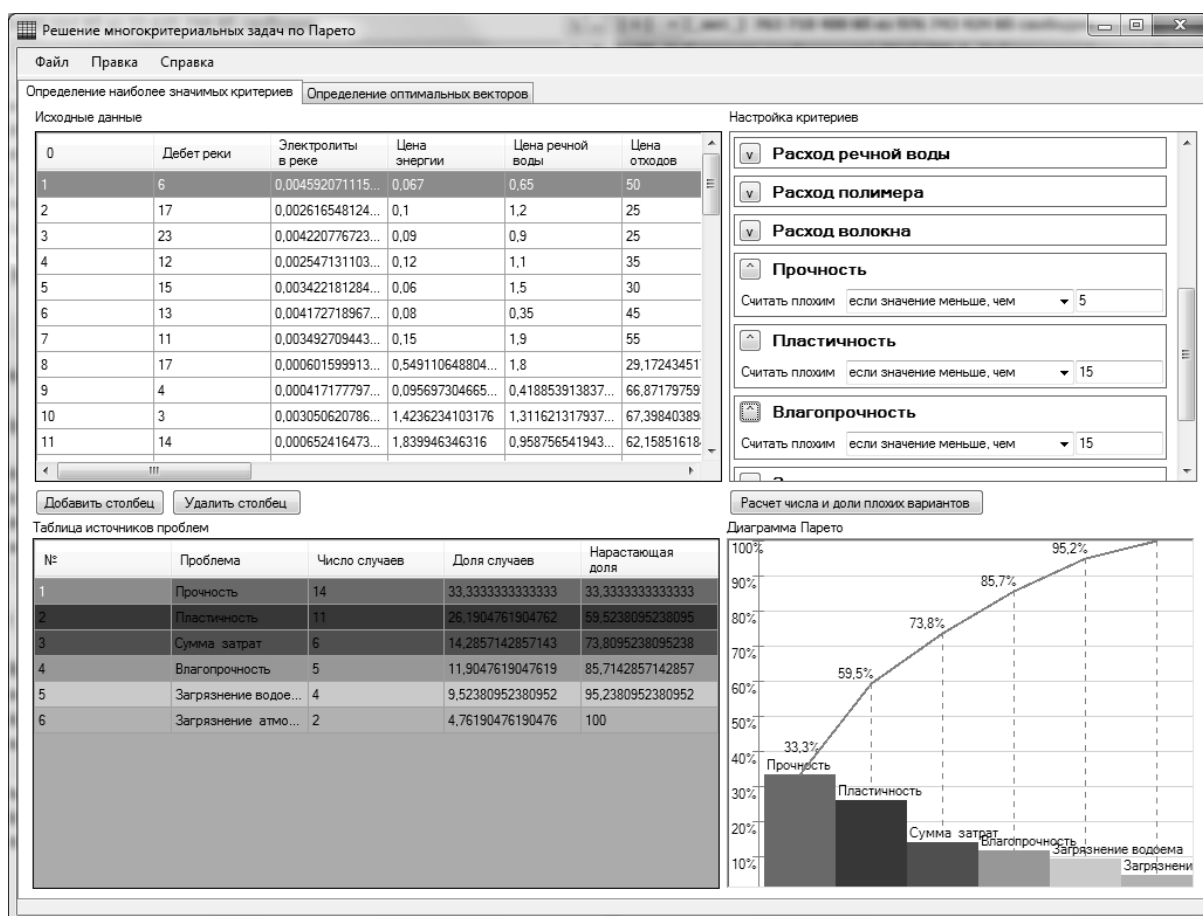


Рис. 1. Главное окно интерфейса разработанной программы

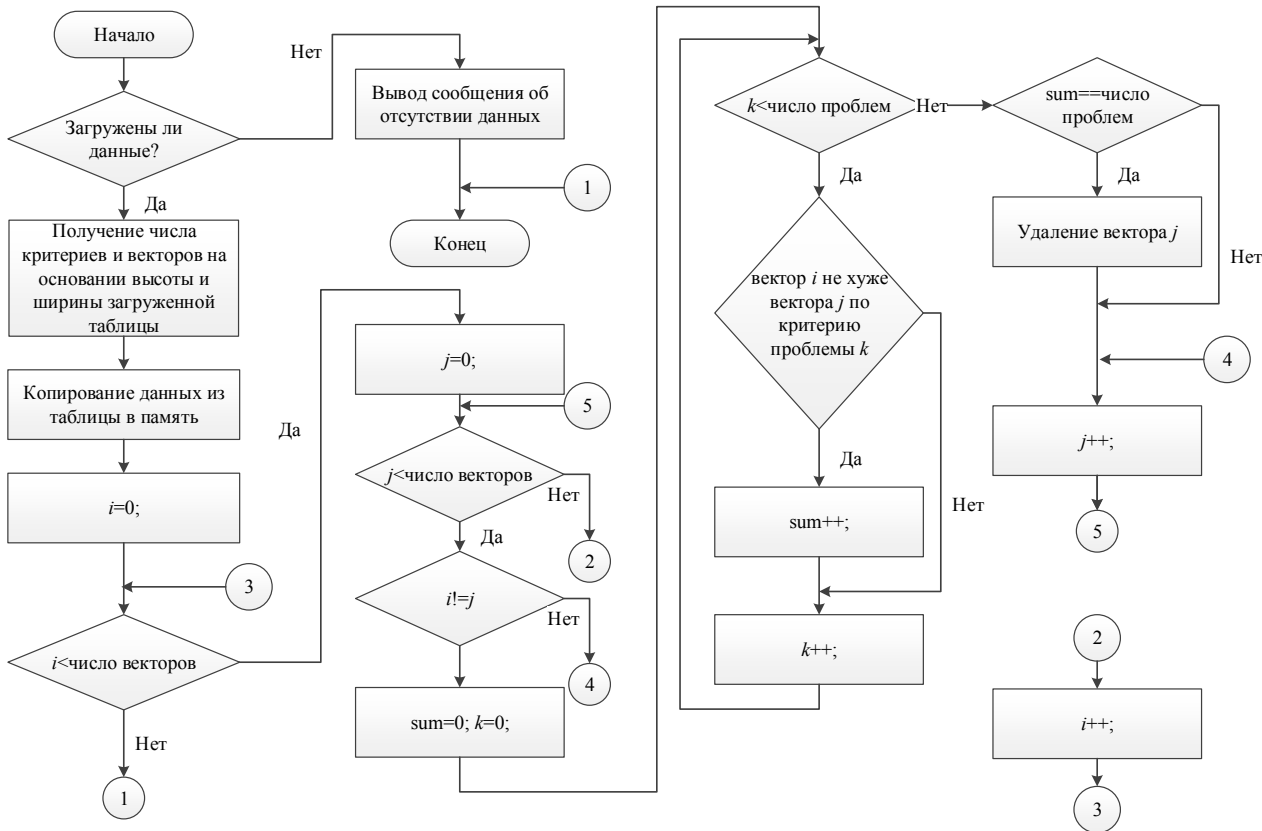


Рис. 2. Блок-схема алгоритма поиска Парето-оптимальных решений

Данная формула используется, если для критерия указаны двусторонние ограничения.

В результате находится один Парето-оптимальный вектор с максимальным значением комплексной оценки, который содержит решение многокритериальной задачи в виде оптимальных значений регулируемых параметров технологического процесса.

Заключение. В статье представлена математическая и программная реализация процесса построения диаграммы Парето на основании набора технологических режимов и требований к показателям качества, приведена блок-схема алгоритма поиска Парето-оптимальных решений.

Разработанное программное средство позволяет выполнить поиск Парето-оптимальных векторов и их оценку для выбора оптимального технологического режима.

Литература

1. Kolesnikov V., Urbanovich P., Brakovich A. Data mining for industrial facilities // New Electrical and Electronic Technologies and their Industrial Implementation – NEET' 2013: proc. of the 8-th Intern. conf., Zakopane, Poland; ed. T. Koltunowicz. Lublin, 2013. P. 145.

Поступила 19.03.2014