

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ОБУЧАЮЩИЕ СИСТЕМЫ

УДК 004.021

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

ФАЗИФИКАЦИЯ И ДЕФАЗИФИКАЦИЯ ДАННЫХ ПРИ РЕШЕНИИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ ЗАДАЧ

В статье представлена математическая основа фазификации и дефазификации данных при решении многокритериальных задач, описана программная реализация анализа наблюдений за производственным комплексом. Разработанное программное средство позволяет формализовать и решать многокритериальные задачи с помощью нечетких множеств и экспоненциальных функций принадлежности.

The article describes the mathematical basis of fuzzification and defuzzification data for solving multiobjective problems and the software implementation analysis of production complex observations. The developed software tool allows to formalize and solve the problem using multi-criteria fuzzy sets and exponential membership functions.

Введение. Самую распространенную в настоящее время формулировку оптимизационных задач, предписывающих вычислить максимальное значение эффективности при заданных условиях, следует уже считать лишь частным случаем нахождения рационального решения. Жизненные обстоятельства на самом деле оказываются значительно сложнее. В реальной обстановке оценка деятельности предприятий производится на основе более десятка критериев: по производительности, себестоимости, рентабельности, загрязнению атмосферы и водоема и т. д. Приходится жить и работать в многокритериальном мире, где цели часто противоречат друг другу. Например, производительность и рентабельность нужно максимизировать, а себестоимость и загрязнение – минимизировать.

Лингвистическая переменная – это переменная, значение которой определяется набором вербальных (т. е. словесных) характеристик некоторого свойства.

Введя понятие лингвистической переменной и допустив, что в качестве ее значений (термов) выступают нечеткие множества, предложен аппарат для описания процессов интеллектуальной деятельности, включая нечеткость и неопределенность выражений. Это позволило создать фундамент теории нечетких множеств и нечеткой логики, а также предпосылки для внедрения методов нечеткого управления в инженерную практику.

Значения лингвистической переменной определяются через так называемые нечеткие

множества, которые, в свою очередь, определены на некотором базовом наборе значений или базовой числовой шкале, имеющей размерность. Каждое значение лингвистической переменной определяется как нечеткое множество (например, нечеткое множество «высокое качество») [1].

Основная часть. Нечеткое множество определяется через некоторую базовую шкалу B и функцию принадлежности нечеткого множества – $\mu(x)$, $x \in B$, принимающую значения на интервале $[0..1]$. Таким образом, нечеткое множество B – это совокупность пар вида $(x, \mu(x))$, где $x \in B$. Либо

$$B = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{\mu(x_i)}, \quad (1)$$

где x – i -е значение базовой шкалы.

Функция принадлежности определяет субъективную степень уверенности эксперта в том, что данное конкретное значение базовой шкалы соответствует определяемому нечеткому множеству. Эту функцию нельзя путать с вероятностью, носящей объективный характер и подчиняющейся другим математическим зависимостям.

Элементы теории нечетких множеств, правила импликации и нечетких рассуждений образуют систему нечеткого вывода. В ней можно выделить множество используемых в системе нечетких правил, базу данных, содержащую описание функций принадлежности, а также

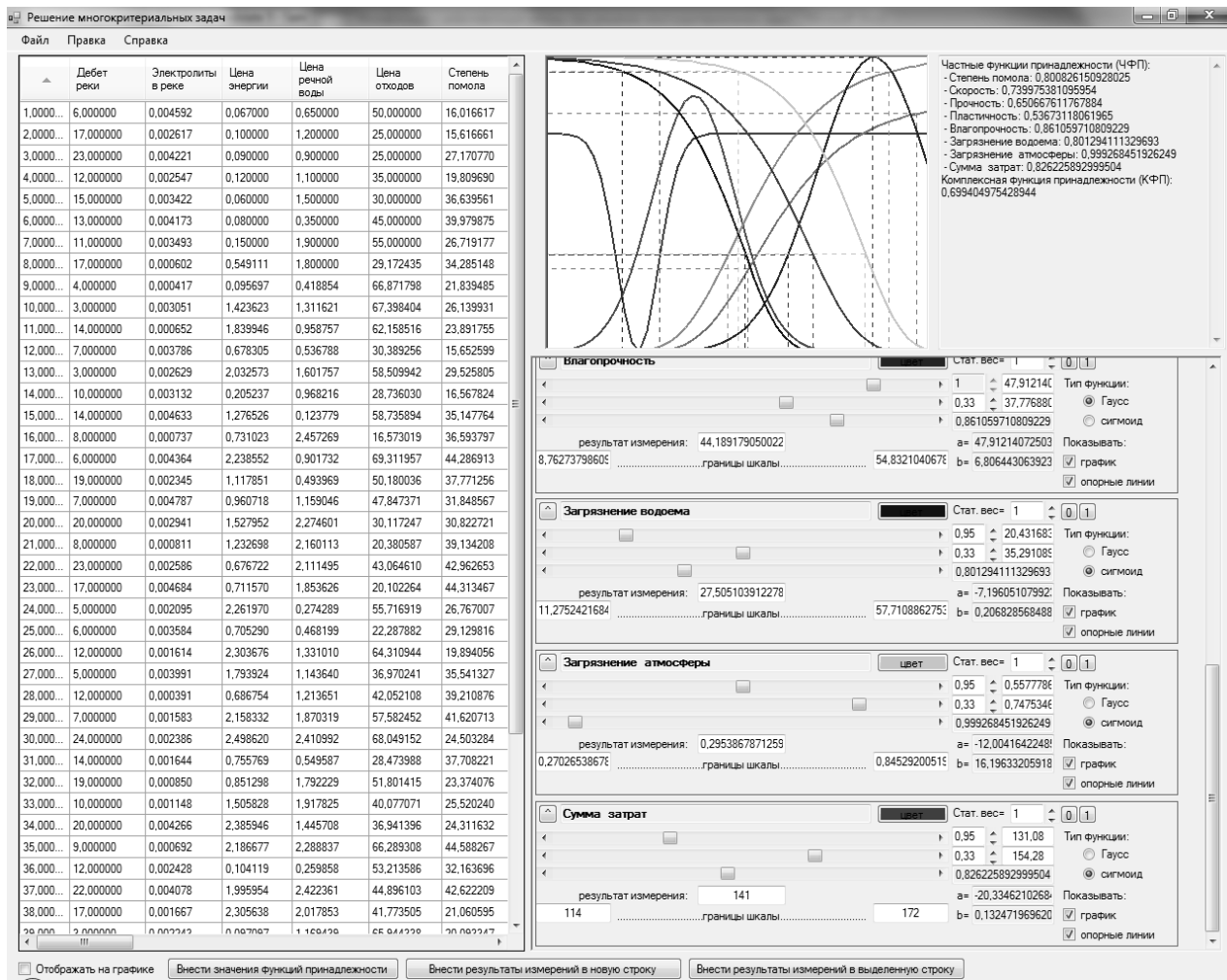
механизм вывода и агрегирования, который формируется применяемыми правилами импликации. Следует упомянуть, что в случае технической реализации в качестве входных и выходных сигналов выступают измеряемые величины, однозначно сопоставляющие входным значениям соответствующие выходные значения. Для обеспечения взаимодействия множеств этих двух видов вводится нечеткая система с так называемым фазификатором (преобразователем множества входных данных в нечеткое множество) на входе и дефазификатором (преобразователем нечетких множеств в конкретное значение выходной переменной) на выходе.

На основании данного подхода разработано программное средство анализа полученной в ходе наблюдений за функционированием производственного комплекса цифровой информации об условиях производства, качестве продукции и эколого-экономической ситуации. Исходные данные импортируются из электронных таблиц Excel при помощи библиотеки Microsoft.Primary.Interop.Excel в элемент управле-

ния DataGridView. Программное средство позволяет в элементе управления PictureBox создать математико-графический образ качества, преобразующий множества требуемых значений показателей (прочности, пластичности, влагопрочности, загрязнения водоема, атмосферы и себестоимости продукции) в нечеткие множества соответствующих функций принадлежности. Под математико-графическим образом в контейнере FlowLayoutPanel располагаются экземпляры разработанного элемента управления функциями принадлежности. Обновление математико-графического образа качества происходит при изменении настроек функций принадлежности в реальном времени.

Колоколообразная частная функция принадлежности для критерия Y с центром c и вариацией σ для обрабатываемого множества рассчитывается по формуле

$$d = \exp \left[- \left(\frac{y - c}{\sigma} \right)^2 \right]. \quad (2)$$



Главное окно интерфейса разработанной программы при построении математико-графического образа качества

S-образная частная функция принадлежности для критерия Y с параметрами $K1, D1, K2, D2$ для обрабатываемого множества рассчитывается по формуле

$$d = e^{-e^{Y(x)}}, \quad (3)$$

$$Y(x) = b_0 + b_1 x_{ij}, \quad (4)$$

$$b_1 = \frac{\ln \ln |D2_j| - \ln \ln |D1_j|}{K2_j - K1_j}; \quad (5)$$

$$b_0 = \ln \ln |D1_j| - b_1 K1_j.$$

где i – номер строки на рисунке ($i = 1, \dots, n$); j – номер столбца целевого атрибута; $K1, D1$ и $K2, D2$ – попарные координаты двух точек на логистической кривой.

Комплексная оценка (суперкритерий) вычисляется по формуле

$$D_i = \left(\prod_{j=1}^p d_{ij}^{\delta_j} \right)^{1/\sum_{j=1}^p \delta_j}, \quad (6)$$

где δ_j – статистический вес (важность) j -го критерия [2], настраиваемая при помощи разработанного элемента управления для каждой функции принадлежности.

Созданное программное средство позволяет выполнить расчет значений настроенных функций принадлежности и суперкритерия по формулам (2)–(6) для всех наблюдений. Расчеты выполняются для функций принадлежности с ненулевым статистическим весом. Результаты расчетов выводятся в дополнительных столбцах элемента управления DataGridView, содержащего импортированные данные. Дефазификация осуществляется поиском номера строки базы данных с максимальным значением суперкритерия. Для сортировки результатов достаточно нажать на заголовок столбца со значениями суперкритерия.

Фрагмент программного кода, используемого для построения графиков функций принадлежности представлен ниже:

```
//обход всех переменных
for (int g = 0; g < ширина; g++)
{
    try {
        //чтение статистического веса с панели
        регулирования критерия
        статВес=double.Parse(регуляторы[g].
        Controls["статВес"].Text);
    }
    catch (Exception eeeee) {
        //в случае ошибки статистический вес
        считается равным 0
    }
}
```

```
статВес = 0;
}
//если статистический вес переменной равен
0 – переходим к следующей, если не равен –
выполняется дальнейший анализ настроек критерия
if (статВес != 0){
...
//черчение графика
if(((CheckBox)(регуляторы[g].Controls["показать"])).Checked == true) {
//начальная точка – левый нижний угол
изображения
старая = new Point(0, график.Size.Height);
int i = 0;
//цикл вычисления значений ФП для 50
точек
for (double x = минX; x <= максX + 2 *
шаг; x += шаг, i++){
    Y = расчетЧФП(x, g);
    //вычисление положения новой точки в
    оконной системе координат
    новая.X = (int)((x - минX) * Kx);
    новая.Y = (int)((Y) * Ky + дУ);
    //соединение старой точки с новой
    e.Graphics.DrawLine(пероГрафик, старая,
    новая);
    //новая точка используется в качестве
    старой на следующем шаге цикла
    старая = новая;
}
i++;}
```

Заключение. В статье представлена математическая основа фазификации и дефазификации данных при решении многокритериальных задач, описана программная реализация анализа наблюдений за производственным комплексом. Разработанное программное средство позволяет формализовать и решать многокритериальные задачи с помощью нечетких множеств и экспоненциальных функций принадлежности.

Литература

1. 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.
2. Brakovich A., Kolesnikov V., Urbanovich P. Mathematical foundations of composite desirability function for evaluation of the product quality in the relationship with anthropogenic impacts on the environment // Informatyka, automatyka, pomiary w gospodarce i ochronie srodowiska. 2012. № 4a. P. 36–39.

Поступила 19.03.2014