

Использование нечетких множеств на платформе программы Matcad в процессе разработки цены продукта пищевой промышленности

Байченко А.А., Василенок В.Л.

externalize@yandex.ru

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики.

Институт холода и биотехнологий

В статье объясняется термин нечеткости и показывается, как можно использовать теорию нечетких множеств для оптимизации рецепта пищевого продукта и определить оптимальную цену продукта питания.

Ключевые слова: оптимизация, цена, нечеткие множества.

Наиболее поразительным свойством человеческого интеллекта является способность принимать правильные решения в обстановке неполной и ассиметричной информации. Одну из важнейших проблем науки сегодня представляет построение моделей приближенных к рассуждениям человека и использование их в компьютерных системах будущих поколений.

Нечеткая логика появилась в 1965 в работах Лотфи А. Задэ (Lotfi A. Zadeh), профессора технических наук Калифорнийского университета в Беркли. Дальнейшие работы профессора Л.Задэ и его последователей заложили прочный фундамент новой теории и создали предпосылки для внедрения методов нечеткого управления в инженерную практику. Уже к 1990 году по этой проблематике опубликовано свыше 10000 работ, а число исследователей достигло 10000, причем в США, Европе и СССР по 200-300 человек, около 1000 - в Японии, 2000-3000 - в Индии и около 5000 исследователей в Китае.

Спектр приложений их широк: от управления процессом отправления и остановки поезда метрополитена до стиральных машин, пылесосов и СВЧ-печей. При этом нечеткие системы позволяют повысить качество продукции при уменьшении ресурса и энергозатрат и обеспечивают более высокую устойчивость к воздействию мешающих факторов по сравнению с традиционными системами автоматического управления. Л.Задэ: "Я считаю, что излишнее стремление к точности стало оказывать действие, сводящее на нет теорию управления и теорию систем, так как оно приводит к тому, что исследования в этой области сосредоточиваются на тех и только тех проблемах, которые поддаются точному решению. Для того чтобы сказать что-либо существенное для проблем подобного рода, мы должны отказаться от наших требований точности и допустить результаты, которые являются несколько размытыми или неопределенными".

Самым главным понятием систем, основанных на нечеткой логике, является понятие нечеткого (под)множества. Пусть A нечеткий интервал от 5 до 8, как показано на рисунке.

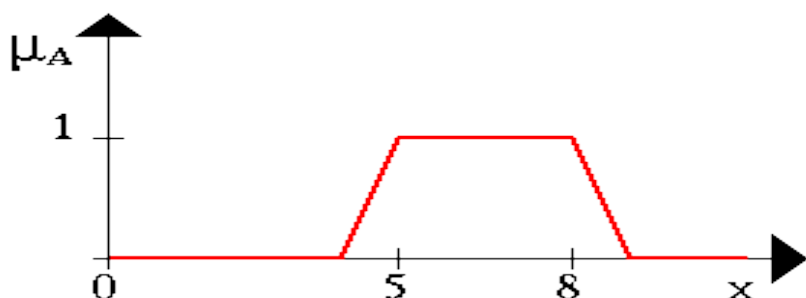


Рис.1.

Функция принадлежности $\mu_A(u)$ – это функция, областью определения которой является носитель U , $u \in U$, а областью значений – единичный интервал $[0,1]$. Чем выше $\mu_A(u)$, тем выше оценивается степень принадлежности элемента носителя u нечеткому множеству A .

Например, на рис. 2 представлена функция принадлежности нечеткого множества «Оптимальный возраст работающего», полученная на основании опроса ряда экспертов. Видно что возраст от 20 до 35 оценивается экспертами как бесспорно оптимальный, а от 60 и выше – как бесспорно неоптимальный. В диапазоне от 35 до 60 эксперты проявляют неуверенность в своей классификации, и структура этой неуверенности как раз и передается графиком функции принадлежности.



Рис.2. Функция принадлежности нечеткого подмножества «Оптимальный возраст работника»

Нечеткая логика, на которой основано нечеткое управление, ближе по духу к человеческому мышлению и естественным языкам, чем традиционные логические системы. Нечеткая логика, в основном, обеспечивает эффективные средства отображения неопределенностей и неточностей реального мира.

Например, для рабочих металлургических комбинатов, важно сделать продукт привлекательным по вкусу и цене. Известные методики

органолептических оценок экспертами с математической точки зрения приводят к понятиям теории нечетких множеств [2]. В результате органолептической оценки дегустаторами профилактического нектара «Витанект» было получены три матрицы оценок следующего вида.

Таблица № 1

Обозначение матриц	Показатели	Средние арифметические величины показателей						
$\mu 1$ - матрица ингредиента 1	Содержание мг/100 г, g	20	21.4	23	25	27.2	28.6	30
	Средние оценки экспертов	0.12	0.32	0.68	0.88	0.82	0.38	0.06
$\mu 2$ - матрица ингредиента 2	Содержание мг/100 г, b	10	11.7	13.4	15	16.7	18.4	20
	Средние оценки экспертов	0	0.33	0.65	1	0.63	0.32	0
$\mu 3$ - матрица цены	Цена нектара руб/100 г, h	3.5	4	5	6	10	20	30
	Средние оценки экспертов	1	1	1	1	0.64	0.35	0

Мнения экспертов представляли собой степень принадлежностей : вкусно -1, почти вкусно -0.8, не очень вкусно – 0.3, невкусно – 0, а также дешево -1, довольно дешево - 0,8, дороговато – 0,3, слишком дорого -0. Поскольку экспертов пять человек, то их оценки отличаются и в таблице уже приведены математические ожидания оценок экспертов. Для матрицы оценок $\mu 1$ применим функцию принадлежности в виде нормального закона распределения и программу Mathcad 14 . В обозначениях программы :

$$\mu g(g, A1, B1) = \exp\left[- A1 \cdot (B1 - g)^2\right] \quad (1)$$

где g – содержание ингредиента 1 в таблице № 1 ,

A1 – статистическая дисперсия строки g в таблице №1,

$B1$ – среднее арифметическое строки g в таблице №1.

Расчет дал величины $B1=25.029$, $A1=0.083$.

На рис.3 видно, что ломанная сплошная линия, которая проходит через экспериментальные точки, хорошо аппроксимируется функцией принадлежности виде нормального закона распределения (точечная линия).

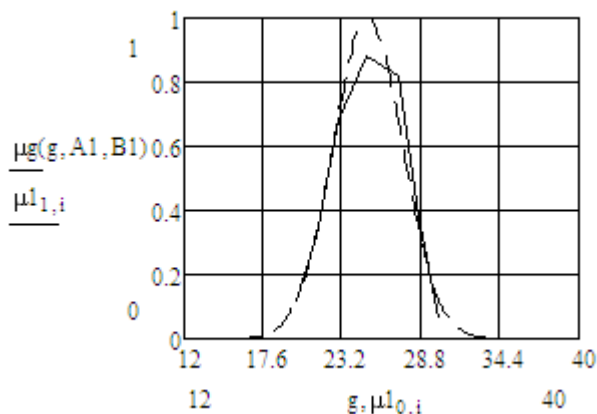


Рис.3. Сопоставление функции принадлежности $\mu g(g, A1, B1)$ и точек нечеткого множества $\mu 1$ из таблицы № 1.

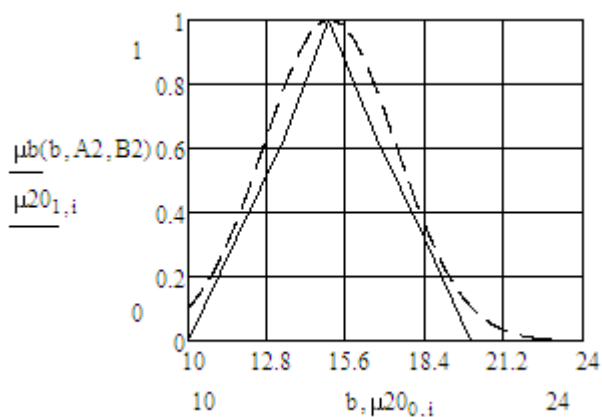


Рис.4. Сопоставление функции принадлежности $\mu b(b, A2, B2)$ и точек нечеткого множества $\mu 2$ из таблицы № 1. $A2=0.09$; $B2=15,03$

По данным таблицы № 1 очевидно, что для нечеткого множества $\mu 3$, нельзя построить такую простую функцию принадлежности, как для двух предыдущих. Не останавливаясь на промежуточных операциях, приведем вид функции (3) принадлежности для второго множества в обозначениях Mathcad 14 и график этой функции на рис.4 :

$$\mu h(h, A3, B3) = \text{if}[h \leq 12,6, \mu h0(h, A3, B3)] , \quad (2)$$

где h – цена в таблице № 1 ,

$A3$ – статистическая дисперсия правой части строки h таблице №1,

$B3$ – среднее арифметическое правой части строки h в таблице №1.

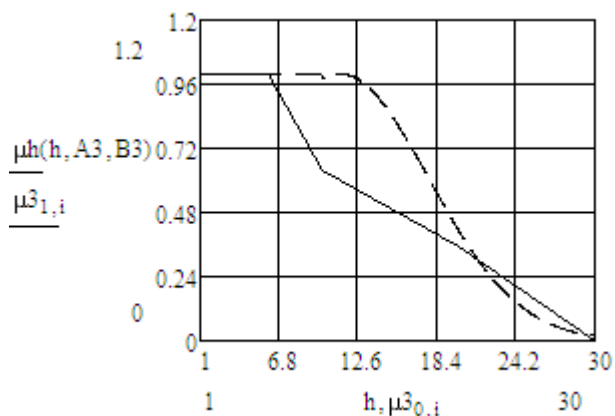


Рис.5. Сопоставление функции принадлежности $\mu h(h, A3, B3)$ и точек нечеткого множества μZ из таблицы № 1. $A3 = 0,011$; $B3 = 11,21$

С целью оптимизации находим пересечение трех функций принадлежности в виде функции трех переменных:

$$\mu gbh(g, b, h) = \min \begin{pmatrix} \mu g(g, A1, B1) \\ \mu b(b, A2, B2) \\ \mu h(h, A3, B3) \end{pmatrix} \quad (3)$$

Составим программу расчета в Маткаде. В программе величина $G0$ – это максимальное значение функции (3). В конечном счете получаем трехмерную функцию принадлежности, где $G1 = 25$, и $G2 = 15$ – оптимальные с точки зрения экспертов величины ингредиентов, а $G3 = 3,5$ наилучшая цена. Этот результат на первый взгляд банален, поскольку естественно, что эксперты считают наилучшей ценой минимальную -3.5 руб. Но важно другое – третий график принадлежности (рис. 3) показывает, что потребитель еще при цене 6.5 склонен покупать нектар, а при 12 рублей и выше число желающих резко падает, что следует учесть при построение планов продаж. Пример показывает, что теория нечетких множеств позволяет проводить оптимизацию по факторам совершенно разной природы, используя один и тот же состав экспертов на одной одновременной сессии.

Список литературы:

1. Колодязная В.С., Байченко Л.А. Рецептуры и технология плодово-ягодных нектаров, обогащенных биологически активными веществами для профилактики вредного воздействия фенола и анилина на организм человека. Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета.- № 25 - 2011.- С.24-31.
2. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. – с. 165 /
3. http://twi.mpei.ru/ochkov/Mathcad_14/index.html

The use of fuzzy sets on the platform of the program Matcad in the price development of the food processing industry product

Baychenko A.A., Vasilenok V.L.

externalize@yandex.ru

Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics.

Institute of Refrigeration and Biotechnologies

The article explain the term fuzzy and shows how to use the theory of fuzzy sets for the optimization of the food product recipe and determine the food product price.

Keywords: optimization, price, fuzzy sets.