

# ТЕОРИЯ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ КАК ИНСТРУМЕНТ РАЗВИТИЯ МАРКЕТИНГОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Д. Ю. Буданчикова

Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,  
220030, г. Минск, Беларусь, budanchikova.04@mail.ru  
Научный руководитель – И. В. Большакова

В статье описывается пример применения нечетких множеств в маркетинговой деятельности СОАО «Коммунарка». Рассматривается понятие нечеткой линейной регрессии, ее сущность, а также поэтапное внедрение в рассматриваемые на предприятии процессы.

**Ключевые слова:** нечеткие множества; маркетинг; нечеткая линейная регрессия; объем продаж.

В исследовании рассмотрены и проанализированы примерные данные о потенциальных объемах продаж СОАО «Коммунарка» за период 2000–2022 гг. [1]. Исходные данные составляют 23 наблюдения, предоставляющие следующую информацию: Sales – объем продаж, тыс. тонн (объясняемая переменная); Advertising – расходы на рекламу, тыс. руб; Market Share – доля предприятия на рынке, %.

С помощью метода наименьших квадратов (МНК) получено уравнение, описывающее взаимосвязь рассматриваемых данных:

$$\text{Sales} = 4,484 + 0,0402 \times \text{Advertising} + 0,151 \times \text{Market\_Share} .$$



Объем продаж СОАО «Коммунарка», тыс. тонн

Модель описывает рассматриваемую зависимость на недостаточном уровне, поскольку наблюдаемые значения объемов продаж и их значения в соответствии с коэффициентами МНК разнятся (рисунок). Такие размытые показатели наталкивают на переход к нечеткой линейной регрессии, где моделирование зависимости с определенной степенью неточности является приемлемым.

Сделаем допущение, что коэффициенты при переменных в модели  $A_0$  (свободный член),  $A_1$  (Advertising),  $A_2$  (Market Share) – симметричные треугольные нечеткие числа вида  $A = (a_i - p_i; a_i; a_i + p_i)$ , где  $p_i$  является величиной отклонения от оптимального значения.

Уравнение регрессии можно записать в виде:

$$Y = A_0 + A_1 \times \text{Advertising} + A_2 \times \text{Market\_Share},$$

при этом показатель объема продаж будет являться нечеткой величиной  $Y = (y_{\min}; y_{opt}; y_{\max})$ .

Для конкретизации искомым чисел внедрим понятие отклонений от оптимальных модальных значений, идентифицирующее величину неточности:

$$y_{\min} = a_0 + \sum_{i=1}^2 a_i x_i - (p_0 + \sum_{i=1}^2 p_i x_i);$$

$$y_{opt} = a_0 + \sum_{i=1}^2 a_i x_i;$$

$$y_{\max} = a_0 + \sum_{i=1}^2 a_i x_i + (p_0 + \sum_{i=1}^2 p_i x_i).$$

где  $a_i$  – коэффициенты при переменных, а  $p_i$  является величиной отклонения от оптимального значения.

Добавив в уравнения каждому наблюдению отклонения

$$p_j = p_0 + \sum_{i=1}^2 p_i x_i,$$

мы заранее придали нашим регрессиям определенную степень размытости, как бы предупреждая, что значения в итоге будут нечеткими.

Опираясь на формулу отклонений, можем найти совокупную нечеткость регрессии и перейти к задаче линейного программирования, где должно быть выполнено следующее условие:

$$p = \sum_{j=1}^{23} p_j = 23p_0 + \sum_{j=1}^{23} \sum_{i=1}^2 p_i x_{ij} \rightarrow \min.$$

Учитывая ограничение, при котором функция принадлежности должна быть больше, чем заданное пороговое значение  $\mu_{Y_j}(y_j) \geq h$ , перейдем к следующим неравенствам [2, с. 18]:

$$\begin{aligned} y_j &\geq a_0 + \sum_{i=1}^2 a_i x_i - (1-h)[p_0 + \sum_{i=1}^2 p_i x_i]; \\ y_j &\leq a_0 + \sum_{i=1}^2 a_i x_i + (1-h)[p_0 + \sum_{i=1}^2 p_i x_i]; \\ p_j &\geq 0; \quad j = \overline{1, 23}; \quad i = \overline{1, 2}. \end{aligned}$$

Подставив полученные значения при наблюдениях, получим целевую функцию вида:

$$p = 23p_0 + 8079p_1 + 584p_2 \rightarrow \min,$$

где коэффициенты при переменных равняются количеству наблюдений и их суммарной совокупности за весь рассматриваемый период соответственно.

Для понимания алгоритма действий, приведем ограничения для первого наблюдения, выбрав  $h=0,4$ :

$$17 \geq a_0 + 213a_1 + 28a_2 - (1-h)[p_0 + 213p_1 + 28p_2] \Rightarrow 17 \geq 15,46;$$

$$17 \leq a_0 + 213a_1 + 28a_2 - (1-h)[p_0 + 213p_1 + 28p_2] \Rightarrow 17 \leq 20,55.$$

Рассмотрим уравнение регрессии при  $h=0,5$ . С помощью параметров поиска решений высчитали три коэффициента и их отклонения. Если придерживаться алгоритма расчета, описанного выше, то получаем, что допустимые отклонения от  $x_1$  и  $x_2$  равны нулям, что противоречит нашему предположению о наличии нечеткости экзогенных переменных и делает их автоматически конкретными, т.е. четкими.

Пусть  $h=0,4$ , тогда отклонения, посчитанные при коэффициентах регрессии,  $p_0$  и  $p_1$  равны нулю, что доказывает точность автономного объема продаж и отсутствие вариации коэффициента при показателе расходов на рекламу. Наличие четкой константы и размытого коэффициента при  $x_2$

удовлетворяют нашим требованиям, потому можем дальше анализировать уравнение регрессии, сохраняя пороговое значение, равное 0,4.

Запишем итоговую формулу для вычисления объема продаж:

$$\text{Sales} = 7,248 + 0,034 \times \text{Advertising} + \langle -0,026; 0,126; 0,278 \rangle \times \text{Market\_Share}.$$

Полученное выражение и является уравнением нечеткой линейной регрессии зависимости объема продаж от расходов на рекламу и доли предприятия на рынке в процентном выражении. Коэффициент при переменной, описывающей долю рынка, получился единственным нечетким, численное значение которого может колебаться в интервале  $[-0,026; 0,278]$ .

Уровень продаж СОАО «Коммунарка» действительно находится в достаточно сильной зависимости от различных факторов, в частности, от количества средств, расходованных на рекламу, и доли предприятия на рынке. При рассмотрении линейной регрессии эта зависимость строго прямая, при добавлении элементов нечеткости появился вариант обратной зависимости от доли на рынке, поскольку нижняя граница интервала нечеткости имеет отрицательный знак.

Проведенный ретроспективный прогноз является наглядным примером, опираясь на который в дальнейшем, предприятие может планировать свои расходы и потенциально занимаемые позиции на рынке.

Кондитерской фабрике «Коммунарка» необходимо ответственно подходить к вопросу распределения средств на рекламную деятельность, так как этот параметр они могут контролировать самостоятельно, а эффективность от вложенных средств напрямую отразится на росте объемов продаж.

### Библиографические ссылки

1. Официальный сайт кондитерской фабрики «Коммунарка» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kommunarka.by> (дата обращения: 20.04.2024).
2. Вишнякова Е. В., Иванова Е. В., Камалов С. М., Колодяжная Ю. А., Хамидулина Л. Ф. Нечеткая линейная регрессия в задачах оценки // Научные записки молодых исследователей. 2015. №5. С. 14–21.