

Однако из (11) следует сделать вывод, что зависимость коэффициентов эластичности  $\varepsilon^S$  и  $\varepsilon^k$  учитывает фактор влияния интенсивности изменения цен на товары промежуточного потребления в виде величины

$$\frac{rV}{Y} \cdot \frac{dV}{V} \Big/ \frac{pq}{Y} \cdot \frac{dp}{p} = rV \frac{dV}{V} \Big/ pq \cdot \frac{dp}{p}.$$

### Список использованной литературы

1. Кестер У. Основы анализа аграрного рынка/Науч. редактор. Пер. О. Нивьевский. – Киев. Издательство АДЕФ, 2012. – 486 с.
2. Энгеля закон – Энциклопедия по экономике [Электронный ресурс]/ <https://economy-ru.info> (дата обращения 19.04.2022).
3. Марченко, В.М. Эконометрика и экономико-математические методы и модели. В 2 ч. Ч. 1. Эконометрика : учеб. пособие для студентов учреждений высшего образования по экономическим специальностям / В.М. Марченко, Н.П. Можей, Е.А. Шинкевич. – Минск: БГТУ, 2011. – 157 с.

УДК 338.2

## ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ АПК НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

**Попов А.И., к.п.н., доцент, Поляков Д.В., к.т.н.**

*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,  
Российская Федерация, г. Тамбов*

**Ключевые слова:** математическое моделирование, управление организацией инновационной сферы, нечеткие множества.

**Keywords:** mathematical modeling, management of the organization of the innovation sphere, fuzzy sets.

**Аннотация:** Проанализированы возможности цифровизации при совершенствовании системы управления предприятиями АПК. Рассмотрено использование теории нечетких множеств для моделирования экономических процессов.

**Summary:** The possibilities of digitalization in improving the management system of agricultural enterprises are analyzed. The use of fuzzy set theory for modeling economic processes is considered.

**Введение.** Управление деятельностью хозяйствующих субъектов предполагает активное использование математического моделирования и цифровых процессов поиска и обработки информации. Цифровизация в последнее время затрагивает все этапы производственного цикла – от процесса проектирования продукции и разработки технологии её получения до организации маркетингового сопровождения и управления кадрами. Цифровые технологии широко применяются в различных сферах деятельности человека [1-2]. Математическое моделирование экономических процессов затруднено тем, что часть значимых факторов при принятии решений определяется на основе экспертной оценки, а другие факторы могут принимать различные значения, которые целесообразно сгруппировать.

Роль экспертов в управлении очень велика. Например, их опыт позволяет довольно точно предсказывать выгодную стратегию поведения на финансовых рынках или подготовить обоснованное и экономически выгодное управленческое решение, определяющее стратегию поведения предприятия. Разработка механизма агрегирования этого опыта и его формализации для использования в программных средствах является актуальной задачей.

**Основная часть.** Теория нечётких множеств является тем самым методом построения искусственного интеллекта, который позволяет формализовать человеческую логику, и, по сути, научить вычислительное устройство оперировать человеческими категориями, посредством специализированного программного обеспечения [3-5].

Рассмотрим применение теории нечетких множеств для разработки механизма оценки привлекательности инвестиционного проекта при развитии инновационных предприятий агропромышленного комплекса. Пусть у нас есть  $n$  активов, которые мы можем купить или продать. Покупка означает инвестирование в актив, а продажа – вывод средств. Множество  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  задаёт цену для единицы (или размера минимальной покупки) каждого актива, а именно  $a_i$  – цена покупки  $i$ -ого актива  $\forall i = \overline{1, n}, a_i \in N_0$ , где  $N_0 = N \cup \{0\} = \{0, 1, 2, 3, \dots\}$ . Цену, в рамках предлагаемой модели, будем рассматривать как неотрицательное целое число в некоторых условных единицах. Кроме множества  $A$  введём ещё множество  $B = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$ , аналогичным образом задающее стоимость продажи каждого актива. В частном случае  $A$  может быть равно  $B$ , вместе с тем, при торговле на специализированных платформах из-за кредитного плеча и маржи рассматриваемые множества могут не совпадать. Очевидно, что значения  $a_i$  и  $b_i \forall i = \overline{1, n}$  будут различаться, на этом собственно и строится возможность заработать, инвестируя в тот или иной актив. Од-

нако, в силу того, что вид кривых  $a_i(t)$  и  $b_i(t)$ , где  $t$  – время, нам неизвестен, и в рамках предлагаемой модели задача построения данных кривых не актуальна, будем рассматривать дискретную ситуацию, при которой в каждый фиксированный момент времени принятия решения о покупке или продаже актива, цены, заданные множествами  $A$  и  $B$  – фиксированы. Также введём в рассмотрение множество  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ , где  $c_i$  – волатильность  $i$ -ого актива  $\forall i = \overline{1, n}, a_i \in R$ .

Прежде чем осуществить дальнейшие построения важно оговориться, что предлагаемая модель не несёт в себе задачу разработки новых более эффективных торговых роботов, так как является крайне обобщённой. Данная работа создана с целью предложить подход к формализации торговых алгоритмов, основанных на мнениях экспертов, посредством теории нечётких множеств.

Зададим ряд лингвистических переменных, формализующих интересующие нас характеристики активов, экспертов и их мнений и постоим на их основе разработаем подход к формализации торговых алгоритмов посредством нечёткой логики.

Пусть  $X$  – некоторая произвольная лингвистическая переменная, тогда в соответствии с классическим подходом  $X$  имеет вид:

$$X = \langle x, T_x, C_x, G_x, M_x \rangle, \quad (1)$$

где  $x$  – имя лингвистической переменной  $X$ ;

$T_x$  – терм-множество значений  $X$ , то есть множество базовых значений лингвистической переменной;

$G_x$  – множество синтаксических правил, порождающих новые (не базовые) значения лингвистической переменной  $X$  и состоящих из синтаксических связок  $Sv_x$  и модификаторов  $Mod_x$ , то есть  $G_x = Sv_x \cup Mod_x$ ;

$C_x$  – область определения функций принадлежности, формализующих значения лингвистических переменных;

$M_x$  – множество правил, задающих как вид функций принадлежности, формализующих значения лингвистической переменной, представленные в терм множестве, так и семантику для новых, порождённых посредством  $G_x$ , значений.

Отметим ряд важных моментов при построении лингвистических переменных.

1. Каждому терму из множества  $T_x$  ставится в соответствие некоторая функция принадлежности из  $M_x$ , задавая, таким образом, семантику данного терма.

2. Каждому модификатору или синтаксической связке из  $G_x$  ставится в соответствие унарное или бинарное преобразование из  $M_x$  соответственно.

3. Синтаксические связки «и» и «или», а также модификатор «не», являются классическими для всех лингвистических переменных. Они формализуются посредством норм, конорм и операции отрицания соответственно. Существует множество видов данных операций, конкретный вид операции выбирается из соображений адекватности модели. На этапе разработки модели норма, конорма и операция отрицания классически обозначаются как  $T(x, y)$ ,  $S(x, y)$  и  $n(x)$  соответственно, где  $x, y \in C_x$ .

4. Зачастую при построении  $T_x$  используется три терма, которые можно условно обозначить как «маленькое», «среднее» и «большое» значение величины, формализуемой лингвистической переменной. Прочие значения лингвистических переменных строятся на основе данных посредством модификаторов. Например, модификатор «очень», позволяет построить значения «очень маленькое» или «очень большое», а модификатор «не» добавить к данным вариантам такие значения лингвистической переменной как «не маленькое» или «не очень большое». Семантику значений «маленькое» и «большое» удобно задавать функциями вида:

$$\mu_{\text{маленькое}}(x) = \min\{1, \max\{0, f(x)\}\} \forall x \in C_x, \quad (2)$$

где  $f(x) \downarrow$  на  $C_x$ .

$$\mu_{\text{большое}}(x) = \min\{1, \max\{0, g(x)\}\} \forall x \in C_x, \quad (3)$$

где  $g(x) \uparrow$  на  $C_x$ .

Таким образом, для задания функций принадлежности, формализующих значения лингвистической переменной из терм-множества условно обозначенные как «маленькое» и «большое» достаточно задать  $f(x) \downarrow$  на  $C_x$  и  $g(x) \uparrow$  на  $C_x$ .

5. Значение лингвистической переменной из терм-множества  $T_x$ , условно обозначенное как «среднее» с семантической точки зрения близко к

понятию «не большое и не малое». А семантику данного значения легко построить, используя приведенные функции, а также норму и операцию отрицания. Тогда

$$\mu_{\text{среднее}}(x) = T(n(\mu_{\text{большое}}(x)), n(\mu_{\text{маленькое}}(x))) \forall x \in C_x, \quad (4)$$

Таким образом, достаточно задать вид функций  $f(x)$  и  $g(x)$ , а также нормы и операции отрицания, чтобы построить функции принадлежности, формализующие значения терм-множества  $T_x$ .

Отметим, что норма, конорма и операция отрицания выбираются одинаковыми для всех лингвистических переменных в рамках модели, так как соответствующие им синтаксические связи и модификатор применяются не только к элементам терм-множества в рамках построения значения одной лингвистической переменной, но и к нескольким лингвистическим переменным для формирования правил. Поэтому для задания функций принадлежности конкретной лингвистической переменной удобно ограничиться заданием  $f(x)$  и  $g(x)$ , тогда как непосредственно сами функции уже строятся на основе.

**Заключение.** Предложенные подходы использования механизма нечетких множеств позволит перевести в цифровую плоскость анализ многих экономических процессов, в которых участвуют предприятия агропромышленного комплекса, сделать принимаемые решения более обоснованными и экономически выгодными.

### Список использованной литературы

1. Синельников, В.М. Концептуальные подходы к инновационному обновлению кластера молочного скотоводства / В.М. Синельников, А.И. Попов, Н.М. Гаджаров // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2019. – №1(71). – С. 86–94.

2. Попов, А.И. Концептуальные подходы к автоматизированному управлению эффективностью профессионального образования / А.И. Попов, А.Д. Обухов // Вестник ТГТУ. – 2018. – Том 24. – №2. – С. 246–257.

3. Поляков, Д.В. Оптимизация управления финансовой деятельностью на основе теории нечетких множеств / Д.В. Поляков, А.И. Попов // Вестник ТГТУ. – 2020. – Том 26. – №1. – С. 64–78.

4. Поляков, Д.В. Подход к поиску простых чисел среди членов последовательности натурального ряда специального вида / Д.В. Поляков, А.И. Попов, А.Н. Толмачева // Continuum. Математика. Информатика. Образование. – 2020. – №4(20). – С. 94–110.

5. Popov A.I. and Polyakov D.V. Fuzzy logical-linguistic model for assessing the qualitative composition of carbon nanomaterials // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 693 (2019).