

6. Брагинський О. Б. Цены на нефть: история, прогноз, влияние на экономику / О. Б. Брагинський // Рос. хим. ж. – 2008. – № 6. – С. 25–36.

7. Александров Ф. И. Выбор параметров при выделении трендовых и периодических составляющих временного ряда в рамках подхода «Гусеница» – SSA / [Электронный ресурс] / Ф. И. Александров, Н. Э. Голяндина – Режим доступа: <http://www.pdmi.ras.ru/~theo/autossa/files/SICPRO2005--paper--Thresholds.pdf>

8. Лабунец Н. Л. Прогнозирование объемов продаж компании методами структурного анализа данных [Электронный ресурс] / Н. Л. Лабунец, Л. В. Лабунец – Режим доступа: [http://www.labnet.ru/docs/retail/Retail\\_Tez\\_2009.pdf](http://www.labnet.ru/docs/retail/Retail_Tez_2009.pdf)

**Хасан Алі Аль-Абббнех**

*кандидат технічних наук, аспірант,  
Національний авіаційний університет*

## **МЕТАЕВРІСТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕКЛАМНОЇ КАМПАНІЇ АЕРОПОРТУ**

Процес планування рекламного бюджету рекламної кампанії все ще потребує подальшого дослідження та структуризації [3], оскільки використовувані на сьогодні способи не дозволяють здійснити в короткий час моделювання, що забезпечувало б високу точність при наявності великої кількості чинників.

З огляду на це пропонується спосіб побудови метаевристичної моделі оцінювання ефективності функціонування реклами, який включає в себе [4]:

1. Формування нечітких правил, на основі яких конструюється модель.
2. Створення структури моделі.
3. Розробку процедури оцінювання за моделлю.
4. Вибір критерію якості для навчання моделі.
5. Адаптація параметрів моделі.

Використовувані при побудові моделі нечіткої нейромережі нечіткі правила мають вигляд:

$$\text{ПРАВИЛО } k : \text{ЯКЩО умова } k \text{ ТО висновок } k (F^k), \quad (1)$$

де  $k$  – номер правила,

$F^k$  – коефіцієнт визначеності, коефіцієнт впевненості або ваговий коефіцієнт нечіткого правила (приймає значення з інтервалу  $[0,1]$ ),  $k \in \overline{1, r}$ ,

умова  $k$  – це сукупність підумов виду:

$$\tilde{x}_1 \text{ єсть } \tilde{\alpha}_1^k \text{ И } \dots \text{ И } \tilde{x}_n \text{ єсть } \tilde{\alpha}_n^k \quad (2)$$

висновок  $k$  – це висновок виду:

$$\tilde{y} \text{ єсть } \tilde{\beta}^k \quad (3)$$

$\tilde{x}_i$  – ім'я вхідної лінгвістичної змінної, що відповідає фактору  $i \in \overline{1, n}$ ,

$\tilde{y}$  – ім'я вихідної лінгвістичної змінної, що відповідає комплексному оцінюванню,

$\tilde{\alpha}_i^k$  – якісне значення змінної  $\tilde{x}_i$ ,  $k \in \overline{1, r}$ ,  $i \in \overline{1, n}$ ,

$\tilde{\beta}^k$  – якісне значення змінної  $\tilde{y}$ ,  $k \in \overline{1, r}$ .

Як базова модель запропонована модель чотиришарової нечіткої нейронної мережі, структура якої формується за наступним принципом:

– вхідний (нульовий) шар містить нейрони, які відповідають комплексу факторів, що впливають на ефективність функціонування реклами. Кількість нейронів:

$$N^{(0)} = n; \quad (4)$$

– перший шар реалізує фазифікації (процедуру визначення ступеня істинності підумови нечітких правил), його нейрони відповідають якісним значенням факторів. Кількість нейронів:

$$N^{(1)} = \sum_{i=1}^n n_i, \quad (5)$$

де  $n_i$  – кількість якісних значень для  $i$ -й вхідної лінгвістичної змінної;

– другий шар реалізує агрегування підумови (визначення ступеня істинності умови цього правила за ступенями істинності складових його підумови), кількість нейронів:

$$N^{(2)} = \prod_{i=1}^n n_i = r \quad (6)$$

– третій шар реалізує активізацію правил (визначення ступеня істинності укладення цього правила за ступенем істинності його умови і

його вагового коефіцієнту), його нейрони відповідають висновкам, кількість нейронів:

$$N^{(3)} = \prod_{i=1}^n n_i = r \quad (7)$$

– четвертий (вихідний) шар реалізує агрегування висновків (об'єднання ступеня істинності однакових висновків для отримання ступеня істинності підсумкового висновку), кількість нейронів:

$$N^{(4)} = q, \quad (8)$$

де  $q$  – кількість якісних значень вихідної лінгвістичної змінної.

Розробка процедури оцінювання за моделлю включає 4 етапи:

- фазифікації;
- агрегування підумови;
- активізація висновків;
- агрегування висновків.

Фазифікація в даній роботі виконується у вигляді:

$$y_s^{(1)} = \begin{cases} 0, & x_i \leq a_i^v \\ \frac{x_i - a_i^v}{b_i^v - a_i^v}, & a_i^v \leq x_i \leq b_i^v \\ \frac{c_i^v - x_i}{c_i^v - b_i^v}, & b_i^v \leq x_i \leq c_i^v \\ 0, & x_i \geq c_i^v \end{cases}, \quad s \in \overline{1, N^{(1)}}, \quad i \in \overline{1, N^{(0)}}, \quad (9)$$

$$v = s - \sum_{z=1}^{i-1} n_z,$$

- $a_i^v$  та  $c_i^v$  характеризують основу трикутника,
- $b_i^v$  характеризує його вершину,
- $\tilde{x}_i$  – вхідна лінгвістична змінна,
- $x_i$  –  $i$ -та вхідна чітка змінна,
- $y_s^{(1)}$  – ступінь істинності  $s$ -ї підумови (ступінь істинності того, що кількісному значенню вхідної нечіткої змінної  $x_i$  відповідає  $v$ -те якісне значення вхідної лінгвістичної змінної  $\tilde{x}_i$ ).

Агрегування підумови нечіткого правила є процедура визначення ступеня істинності умови цього правила за ступенями істинності складових його підумови.

Для агрегування підумови в роботі був обраний спосіб мінімального значення, функція активації береться лінійною, тоді:

$$y_k^{(2)} = f^{(2)} \left( \min_{s \in 1, N^{(1)}} w_{sk}^{(2)} y_s^{(1)} \right) = \min_{s \in 1, N^{(1)}} w_{sk}^{(2)} y_s^{(1)}, \quad k \in 1, N^{(1)} \quad (10)$$

де  $w_{sk}^{(2)}$  – бінарна вага зв'язку, який визначається структурою моделі нечіткої нейромережі.

Вибір критерію якості для навчання моделі визначається на основі мінімуму середньоквадратичної помилки (різниці виходу за моделлю і реального виходу):

$$F = \frac{1}{P} \frac{1}{N^{(4)}} \sum_{p=1}^P \sum_{j=1}^{N^{(4)}} (y_{pj} - d_{pj})^2 \rightarrow \min_{a_i^v, b_i^v, c_i^v}, \quad (11)$$

де  $P$  – кількість тестових реалізацій,

$y_p = (y_{p1}, \dots, y_{pN^{(4)}})$  – оцінка ефективності функціонування реклами, отримана по моделі,

$d_p = (d_{p1}, \dots, d_{pN^{(4)}})$  – реальна оцінка ефективності функціонування реклами.

Адаптацію параметрів моделі здійснюємо на основі алгоритму клонального відбору з імітацією відпалу, оскільки способи навчання нейромережових моделей дають можливість вирішення завдання не вище 0.95, причому кращі способи мають повільне навчання, а застосування градієнтних методів до нечітких нейромереж є важким. Звідси виникає необхідність розробки нових метаевристичних способів адаптації.

### Список використаних джерел:

1. Батра Р. Рекламный менеджмент: Пер. с англ. / Р. Батра, Дж. Майерс, Д. Аакер. – 5-е изд. – М.: Вильямс, 2001. – 780 с.
2. Васильев Г. А. Основы рекламной деятельности / Г. А. Васильев, В. А. Поляков. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 414 с.
3. Картер Г. Эффективная реклама: Путеводитель для малого бизнеса: Пер. с англ. / Под общ. ред. Е. М. Пеньковой. – М.: МТ-Пресс, 2001. – 243 с.
4. Ходашинский И. А. Идентификация нечетких систем: методы и алгоритмы // Проблемы управления. – 2009. – № 4. – С. 15–23.