

УДК 339.138

**Хасан Алі Аль-Абабнех**

Аспірант кафедри міжнародної економіки  
Донецького національного технічного університету

**Хасан Али Аль-Абабнех**

Аспирант кафедры международной экономики  
Донецкого национального технического университета

**Hassan Ali al-Ababneh**

Graduate student of International Economics of the  
Donetsk National Technical University

**МОДЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕКЛАМНОГО БЮДЖЕТА МЕЖДУ  
РЕКЛАМНЫМИ НОСИТЕЛЯМИ, ОСНОВАННАЯ НА АЛГОРИТМЕ  
ИМИТАЦИИ ОТЖИГА**

**МОДЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕКЛАМНОГО БЮДЖЕТА  
МЕЖДУ РЕКЛАМНЫМИ НОСИТЕЛЯМИ, ОСНОВАННАЯ НА АЛГОРИТМЕ  
ИМИТАЦИИ ОТЖИГА**

**MODEL EFFICIENT ALLOCATION OF ADVERTISING BUDGETS BETWEEN  
ADVERTISING MEDIA, BASED ON THE ALGORITHM OF SIMULATED  
ANNEALING**

**Анотація.** У статті запропоновано ознайомитись з поняттями реклами, рекламного планування та математичного моделювання. Розглянута можливість і, як наслідок, ефективність використання алгоритму імітації відпалу при плануванні розподілу рекламного бюджету між медіа-носіями. Зроблено висновки про доцільність використання методів математичного моделювання для оцінки елементів планування рекламної кампанії.

**Ключові слова:** реклама, планування реклами, алгоритм імітації відпалу, рекламний бюджет.

**Аннотация.** В статье предложено ознакомиться с понятиями рекламы, рекламного планирования и математического моделирования. Рассмотрена возможность и, как следствие, эффективность использования алгоритма имитации отжига при планировании распределения рекламного бюджета между медиа-

носителями. Сделаны выводы о целесообразности использования методов математического моделирования для оценки элементов планирования рекламной кампании

**Ключевые слова:** реклама, планирование рекламы, алгоритм имитации отжига, рекламный бюджет.

**Постановка проблеми.** Нинішній рівень розвитку ринкових відносин вимагає науково обґрунтованих рішень при формуванні програм просування, проте цілісної методики планування рекламних кампаній ми не знаходимо ні в західних, ні в вітчизняних джерелах.

Окремі аспекти оцінки елементів планування рекламних кампаній розглядаються фрагментарно, без системному зв'язку з маркетинговими стратегіями, у відриві від реалій конкурентного ринку, при цьому велика кількість і, як наслідок, низька якість більшості рекламних кампаній свідчить про відсутність методологічних основ оцінки елементів планування рекламної кампанії в професійному арсеналі фахівців з реклами. Реклама є відображенням економічного розвитку конкретної держави і несе на собі відбитки національних особливостей культури, економіки, соціопсихології і конкурентних відносин, що не дозволяє безпосередньо копіювати досвід і підходи до планування і організації рекламних кампаній, напрацьовані в інших країнах.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** При плануванні рекламної кампанії важливу роль відіграє оцінювання елементів планування, в тому числі й розподіл рекламного бюджету, та аналіз факторів, що впливають на нього, проте у сучасних публікаціях такі дослідження не представлені.

Проблеми та окремі аспекти оцінки елементів стратегічного планування рекламних кампаній, питання формування конкурентних переваг організації освітлювали у своїх роботах зарубіжні та вітчизняні вчені: Р. Акофф, Г. Ассель, Г. Багієва, Р. Батра, Дж. Бернет, Н. Вудкок, П. Гембл, Дж. Дей, Е. Дихтль, П. Дойль, В. С. Єфремов, Б. Кар-Лофф, Ф. Котлер, Ж.-Ж. Ламбен, Дж. Майерс, В. Д. Маркова, Г. Мінцберг, С. Моріарті, М. Портер, В. В. Салій, М. Стоун, Р. А. Фатхутдінов, Х. Хершген та інші. У роботах О.П. Лідовскої, А.Н. Матанцева, Н.В.Молоткова висвітлюються, в основному, організаційні та економічні аспекти реклами.

Дослідження Р.Б. Ноздрева, А.С. Оганесяна, Л.В.Подорожної присвячені аналізу теорії і практики реклами в розвинених країнах світу.

**Виділення частин загальної проблеми, що не були вирішені раніше.**

Створення універсальної методики планування розподілу рекламного бюджету між медіа-носіями дозволить організаціям не тільки досягати високого рівня популярності на цільових ринках, а й формувати фактори зовнішньої конкурентної переваги, які є ключовим показником ефективності діяльності організації в довгостроковому періоді.

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

**Мета статті.** Дослідження життєздатності та ефективності моделі розподілу рекламного бюджету на основі алгоритму імітації відпалу при плануванні розподілу рекламного бюджету між медіа-носіями.

**Матеріали та методи.** При написанні статті були використані методики дослідження, аналізу та синтезу – для визначення сутності та значення процесу планування рекламної кампанії; метод порівняння – для визначення пріоритетного методу планування розподілу рекламного бюджету; метод математичного моделювання – для підтвердження можливості практичного використання та інформативності отриманих показників.

**Викладення основного матеріалу.** Відомий маркетолог Філіп Котлер дає таке визначення: «Реклама - будь-яка платна форма неособистого представлення і просування ідей, товарів і послуг конкретного замовника» [4, с. 699].

Автори книги «Реклама в торгівлі» Д.В. Беклешов і К.Г. Воронов так визначають рекламу: «Реклама - це друковане, рукописне, усне або графічне повідомлення про особу, товари, послуги, що йде від рекламодавця і оплачене ним з метою збільшення збуту, розширення клієнтури, одержання голосів або публічного схвалення».

Об'єктом реклами виступає товар (послуги, фірма, особа і т.д.). Предметом вивчення реклами є поставлені цілі і завдання. Цілі реклами постійно еволюціонували: безпосередньо стимулювати продажі (1920-1930); знайти і донести до споживача «унікальну торгову пропозицію» товару (1940-1955); створити

унікальний імідж бренду (1955-1960); позиціонувати бренд - створити для нього повідомлення, що відрізняє його від конкурентів в обраному сегменті ринку і максимально близьке для його цільової аудиторії (з 1970 р.) [2, с.17].

Головна мета організації маркетингових заходів - з'єднати в єдине подію, час, місце і атмосферу, для того щоб незацікавлений та потенційний споживачі звернули увагу і оцінили призначену для них інформацію про товар або послугу.

Базовими елементами планування рекламної кампанії є:

- схема розподілу рекламного бюджету;
- ціноутворення;
- прогноз впливу конкурентів;
- оцінка та вибір рекламного носія;
- розробка безпосередньо рекламного звернення;
- формування суспільної думки щодо продукту реклами.

Оцінка ефективності елементів планування реклами є, в першу чергу, комплекс лінгвістичних даних, але показники результативності будь-якого процесу/елементу мають математичне вираження. Виникає необхідність перетворення лінгвістичних даних в математичні алгоритми. Таким чином виникає необхідність говорити про поняття нечіткого моделювання, одним з методів якого є алгоритм імітації відпалу.

Алгоритм імітації відпалу заснований на аналогії з процесом кристалізації з мінімальною енергією при охолодженні, в ньому використовується упорядкований випадковий пошук. Особливістю даного методу є допустимість прийняття рішень, що призводять до збільшення помилки [5].

Перевагою алгоритму відпалу є успішне проходження локальних мінімумів і простота в реалізації, недоліками – великі часові витрати при не завжди точних результатах.

З огляду на це пропонується спосіб побудови моделі ефективного розподілу рекламного бюджету між рекламними носіями із застосуванням алгоритму імітації відпалу. Для побудування моделі необхідно кожному рекламному носію привласнити певне число в залежності від статистичної ефективності даного носія. Чим більше число, тим більша ефективність рекламного носія. Кожен рекламний носій має свою вартість, а загальна сума використання обраних носіїв не повинна перевищувати

встановленого рекламного бюджету. Цільова функція в даній моделі – це загальна вартість реклами на різних носіях.

Безпосередньо процес побудови моделі включає в себе:

- Формування нечітких правил, на основі яких конструюється модель;
- Створення структури моделі;
- Розробку процедури оцінювання за моделлю;
- Вибір критерію якості для навчання моделі;
- Адаптація параметрів моделі.

Використовувані при побудові моделі 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 подумов 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  $\tilde{y}$ ,  $k \in \overline{1, r}$ .

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:

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

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

Для активізації висновків був обраний спосіб мінімального значення, функція активації береться лінійною, тоді:

$$y_k^{(3)} = f^{(2)}\left(w_{kk}^{(3)} y_k^{(2)}\right) = w_{kk}^{(3)} y_k^{(2)}, \quad k \in \overline{1, N^{(2)}}, \quad (11)$$

де  $w_{kk}^{(3)}$  - вага зв'язку,  $w_{kk}^{(3)} = F^k$ .

Агрегування висновків є процедура об'єднання ступеня істинності однакових висновків для отримання ступеня істинності підсумкового висновку.

Для агрегування висновків був обраний спосіб максимального значення, функція активації береться лінійної. Тоді:

$$y_j = f^{(4)} \left( \max_{k \in 1, N^{(3)}} w_{kj}^{(4)} y_k^{(3)} \right) = \max_{k \in 1, N^{(3)}} w_{kj}^{(4)} y_k^{(3)}, \quad j \in \overline{1, N^{(4)}}, \quad (12)$$

де  $w_{kj}^{(4)}$  – бінарна вага зв'язку, який визначається структурою моделі.

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

$$F = \frac{1}{P} \frac{1}{N^{(4)}} \sum_{p=1}^P \sum_{j=1}^{N^{(4)}} (y_{pj} - d_{pj})^2 \rightarrow \min_{a_i^v, b_i^v, c_i^v}, \quad (13)$$

де  $P$  – кількість тестових реалізацій,

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

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

Адаптацію параметрів моделі здійснюємо на основі алгоритму клонального відбору з імітацією відпалу. Обраний алгоритм включає в себе наступні блоки:

- уявлення особин і створення вихідної популяції;
- завдання функції мети;
- обчислення афінності;
- оператор клонування;
- оператор мутації;
- додавання нових антитіл;
- оператор редукції;
- умова зупинки.

Як фітнес-функцію (показника якості) пропонується використовувати критерій (13).

Афінність визначає близькість поточного антитіла до кращого антитіла і обчислюється на основі функції мети у вигляді:

$$\Phi(h_s) = 1 - \frac{F(h_s) - \min_{j \in 1, Q} F(h_j)}{\max_{j \in 1, Q} F(h_j) - \min_{j \in 1, Q} F(h_j)}, \quad s \in \overline{1, Q}, \quad (15)$$

де  $\Phi(h_s) \in [0,1]$ , якщо  $\Phi(h_s) = 1$ , то  $s$ -оє антитіло є найкращим, якщо  $\Phi(h_s) = 0$ , то  $s$ -е антитіло є найгіршим.

Оператор клонування, який дозволяє відібрати кращі особини, тобто значення параметрів функцій приналежності, які задовольняють (13), комбінується з імітацією відпалу. Це дозволяє визначити ймовірність вибору  $s$ -й особини (певних чисельних значень параметрів функцій приналежності) у вигляді:

$$q_s = \text{round}\left(\frac{g(t) - s}{g(t)} \alpha\right), s \in \overline{1, g(t)}, \quad (16)$$

$$g(t) = \beta g(t-1), 0 < \beta < 1, g(0) = T_0, T_0 > 0,$$

де  $t$  – номер ітерації,

$T_0$  – експериментальний параметр,

$\beta$  – експериментальний параметр,

$\alpha$  – параметр клонування, вираховується експериментально,

$\text{round}()$  – функція, що округляє число до найближчого цілого.

Таким чином, на ранніх стадіях роботи алгоритму клонального відбору для клонування відбираються всі антитіла, що забезпечує дослідження всього простору пошуку, а на заключних стадіях відбираються тільки найкращі, що робить пошук спрямованим.

Після кросинговеру для забезпечення різноманітності антитіл, тобто значень параметрів функцій приналежності, які задовольняють (13), використовується оператор мутації. У стандартному алгоритмі клонального відбору не здійснюється мутація речових антитіл. Тому для задачі оптимізації числової функції при створенні вихідної популяції формуються бінарні антитіла виду:

$$b_s = (b_{s1}, \dots, b_{s,K \cdot E}),$$

та відповідні їм речовинні антитіла виду:

$$h_s = (h_{s1}, \dots, h_{sK}),$$

де  $b_{sk} = (b_{sk1}, \dots, b_{skE})$  – бінарний вектор, що кодує  $k$ -ту речовинну компоненту антитіла  $h_s$ .

Мутація над компонентами бінарного антитіла  $b_s = (b_{s1}, \dots, b_{s,K \cdot E})$  виконується у вигляді:



$$\widehat{b}_{sq} = \begin{cases} 1, & (\text{rand}() \geq p(h_s) \wedge (b_{sq} = 1)) \vee ((\text{rand}() < p(h_s)) \wedge (b_{sq} = 0)) \\ 0, & (\text{rand}() \geq p(h_s) \wedge (b_{sq} = 0)) \vee ((\text{rand}() < p(h_s)) \wedge (b_{sq} = 1)) \end{cases}, \quad (17)$$

$$p(h_s) = e^{-\alpha\Phi(h_s)}, \quad (18)$$

де  $\alpha$  – параметр мутації, що вираховується,

$p(h_s)$  – ймовірність мутації антитіла  $h_s$ ,

$\text{rand}()$  – функція, яка повертає рівномірно розподілене випадкове число в діапазоні  $[0,1]$ .

Після завершення мутації над бінарними антитілами виконується перетворення бінарного антитіла  $\widehat{b}_k$  в речовинне антитіло  $\widehat{h}_s$  у вигляді:

$$\widehat{h}_{sk} = lh_k + (rh_k - lh_k) \frac{\sum_{e=1}^E (2^{E-e} \cdot \widehat{b}_{s,(k-1)E+E+1-e})}{2^E - 1}, \quad k \in \overline{1, K}, \quad (19)$$

де  $lh_k, rh_k$  – ліва і права границі значень  $k$ -й компоненти антитіла.

Після мутації для забезпечення різноманітності антитіл, тобто значень параметрів функцій приналежності, які задовольняють (13) використовується додавання нових антитіл. Таке додавання дозволяє отримати нові антитіла з різко відмінними властивостями.

В якості  $j$ -го нового антитіла виступає згенерований випадковим чином вектор:

$$h_j = (h_{j1}, \dots, h_{jK}), \quad j \in \overline{1, \widetilde{Q}}, \quad (20)$$

$$h_{jk} = lh_k + (rh_k - lh_k) \text{rand}(),$$

де  $\widetilde{Q}$  – потужність множини нових антитіл.

Пропонується визначити ймовірність появи антитіл за допомогою імітації відпалу у вигляді:

$$P_a = P_0 \exp(-1/g(t)), \quad (21)$$

$$g(t) = \beta g(t-1), \quad 0 < \beta < 1, \quad g(0) = T_0, \quad T_0 > 0,$$

де  $P_a$  – початкова ймовірність додавання.

В якості оператора редукції, який дозволяє вибрати особини, тобто ті значення параметрів функцій приналежності, з безлічі отриманого об'єднанням попередньої популяції з результатами мутації і додавання нових антитіл, використовується комбінація рівноймовірної схеми, селекційної схеми і імітації відпалу. Рівноймовірна схема - особини попередньої популяції і особини, отримані шляхом мутації і додавання нових антитіл, об'єднуються і з них випадковим чином (з однаковою ймовірністю) вибирається особина без повторень. Селекційна схема - особини попередньої популяції і особини, отримані шляхом мутації і додавання нових антитіл, об'єднуються і упорядковуються за значенням афінності. Відбираються перші кращі особини. Можливість вибору рівноймовірної схеми і ймовірність вибору селекційної схеми засновані на імітації відпалу.

Особливість запропонованої моделі в тому, що оператор клонування, який дозволяє відібрати кращі особини, комбінується з імітацією відпалу і це дає можливість відібрати для клонування все антитіла, тобто забезпечити дослідження всього простору пошуку, і на заключних стадіях відбирати тільки кращі антитіла, що робить пошук спрямованим.

**Висновки і пропозиції.** Застосування методу моделювання дозволяє отримати цілісну картину показників з урахуванням їх взаємного впливу в умовах впливу конкретного набору факторів. На основі результатів розрахунку ефективності елементів планування рекламної кампанії за допомогою статистичного моделювання можна визначити момент часу досягнення точки беззбитковості і максимальної ефективності, спланувати бюджет рекламної кампанії з позицій досягнення максимальної ефективності.

Методика моделювання може служити основою коригування і уточнення рекламного бюджету з позиції необхідності оптимального диференціювання витрат за різними видами рекламних засобів і вибору найбільш оптимального варіанту розподілу фінансових вкладень в часі. При цьому можна визначити не тільки витрати на проведення рекламної кампанії, але і час, при якому її ефективність досягне максимуму.

### **Література**

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. Котлер Ф. Маркетинг менеджмент: Пер. с англ. – СПб.: Питер, 2002. – 752 с.
5. Ходашинський І.А. Идентификация нечетких систем: методы и алгоритмы / Проблемы управления. – 2009. – № 4. – С. 15–23.
6. Ходашинський І.А., Дудін П.А. Оценивание параметров функций принадлежности на основе алгоритма муравьиной колонии / Тр. науч.-техн. конф. «Интеллектуальные системы» (IEEE AIS'07). — М.: Физ, 2007. — Т. 1. — С. 88—94.
7. Ходашинський І.А. Оценивание величин нечеткой арифметики / Автометрия. — 2004. — № 3. — С. 21—31.
8. Черниговцев Р. BTL – проблемы жанра / Рекламные технологии. – 2004. – №4. – С. 22 – 25.
9. Espinosa J., Vandewalle J., Wertz V. Fuzzy logic, identification and predictive control. — London: Springer-Verlag, 2005. — 263 p.
10. Dorigo M., Maniezzo V., Colorni A. Ant System: Optimization by Colony of Cooperating Agents / IEEE Transaction Systems, Man and Cybernetics. Part B. – 1996. – Vol. 26. – P. 29-41.