

Електронний журнал «Ефективна економіка» включено до переліку наукових фахових видань України з питань економіки (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України № 975 від 11.07.2019). Спеціальності – 051, 071, 072, 073, 075, 076, 292.

Ефективна економіка. 2023. № 12.

DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2023.12.61>

УДК: 330.4, 658.8

І. Д. Фартушний,

к. ф.-м. н., доцент, доцент кафедри економічної кібернетики,

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»*

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1595-9495>

М. С. Мазуренко,

магістрант кафедри економічної кібернетики,

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»*

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-1351-8743>

ПІДХОДИ ДО МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД РЕКЛАМНОЇ АКТИВНОСТІ

I. Fartushnyi,

PhD in Physico-Mathematical Sciences, Associate Professor,

Associate Professor of the Department of Economic Cybernetics,

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

M. Mazurenko,

Master's student of the Department of Economic Cybernetics, National Technical

University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

APPROACHES TO MODELING THE DYNAMIC EFFECT OF ADVERTISING ACTIVITY

Проблематика вибору оптимального маркетингового впливу набуває надзвичайної важливості у сучасну еру глобалізації та діджиталізації, домінування та вкорінення ринкової системи та розвитку інформаційних системи. Розглянення проблематики моделювання рекламного впливу, започатковане ще 60–80-их роках минулого століття залишається актуальною темою для дослідження, із збереженням інтересу до класичних підходів моделювання, так із використанням сучасних засобів збору даних та їх аналізу, як, наприклад машинне навчання. У цьому контексті, у даній роботі ми надамо пропозицію динамічної моделі, яка включатиме випадкову величину тривалості ефекту реклами, його величину та часову структуру ефекту реклами. Ми здійснимо моделювання процесу обрання агентами оптимального бренду, із врахуванням ризиків, потребою дослідження випадкових величин та безпосередньо із потребою максимізації ефекту від реклами, за допомогою семплювання Томпсона. У результаті, ми розглянемо результати проведеного моделювання, його ефективність, опишемо позитивні та негативні сторони такого підходу та можливі подальші напрями розвитку моделі.

The problem of choosing the optimal marketing impact is of utmost importance in the modern era of globalization and digitalization, dominance and entrenchment of the market system and development of information systems. Consideration of the problems of modeling advertising influence, which began in the 60s and 80s of the last century, remains a relevant topic for research, with continued interest in classical modeling approaches and the use of modern means of data collection and analysis, such as machine learning. A separate layer of the reviewed literature includes the study of the effect of trickle-down advertising influence, according to which researchers have shown the effectiveness of this approach in the long run. This approach, in general, can be considered as an alternative to the one proposed in this paper. In this context, in this paper, we will propose a dynamic model that includes a random variable for the duration of the advertising effect, its magnitude, and the temporal structure of the advertising effect. We will model the process of agents' choice of the optimal brand, taking into account risks, the need to study random variables and the need to maximize the effect of advertising, using Thompson sampling. We also used the so-called Weibull distribution for modeling, which is often used in the context of modeling random

variables with different levels of "survival". Due to the absence of a closed form for this distribution in the context of Bayesian analysis, we implemented and used the MCMC (Monte Carlo Markov Chain) algorithm to analyze the posterior distribution. Several variants of the temporal structure of the advertising effect have been proposed and studied, including constant, radial, and decreasing exponential forms. As a result, we will analyze the results of the modeling, its effectiveness, describe the positive and negative aspects of this approach and possible further directions for the development of the model. As a result of the modeling, we found that the agent explores the space, and accordingly chooses brands for advertising unevenly, switching from researching one brand to researching another. We also demonstrated the effect of sales growth in relation to the use of this model.

Ключові слова: *рекламна кампанія, семплювання Томпсона, теорія прийняття рішень, моделювання.*

Keywords: *advertising campaign, Thompson sampling, decision theory, modeling.*

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. У поточних умовах глобалізації соціальних та економічних систем, діджиталізації усіх основних та побічних видів діяльності та ресурсів, все більшої уваги приділяється щодо маркетингових заходів підприємств та суб'єктів підприємництва в усьому різноманітті їх форм. Інформація та процес комунікації між різноманітними суб'єктами економічної системи стають ключовими чинниками в процесі формування попиту, безпосередньо впливають на процес прийняття рішення та відіграють визначальну роль у якості однієї із конкурентних переваг підприємств.

В цьому контексті, реклама, як окремий вид діяльності та складова загального комплексу важелів із боку маркетингу, безпосередньо причетна до формування інтересу до продукції та формування попиту на неї. Окрім цього, із розвитком інформаційних технологій, все більше можливостей з'являється щодо фіксації ефектів різних чинників, що формують попит. У сучасних інформаційних системах зберігається детальна інформація щодо особистих

даних покупців, процесу їх купівлі тощо. Відповідно, фірми отримують змогу безпосередньої фіксації кількості здійснених під впливом конкретного рекламної кампанії та конверсії затрачених ресурсів рекламного бюджету.

Враховуючи роль рекламної активності, її моделювання, у контексті доступу до нових категорій даних, питання розгляду нових напрямлень у моделюванні ефективності кампанії, а також структури ефекту, стає не тільки ключовим, але і визначальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Історично, питання моделювання рекламного ефекту, як і більшість робіт із тематики моделювання маркетингової діяльності, набуло широкого висвітлення у 60-80 роках 20-го століття із використання економетричного та імовірнісного апаратів, та пов'язана із роботами професорів Літла, Ліфланга, Хансенса, Басса тощо. Серед відправних точок у дослідженнях можна виділити роботи Блатберга та Джейленда, із загальним оглядом моделювання із точки зору мікрорівня [1]. Також, ще одна варта згадки класична робота, прив'язана до проблематики це оцінка ефективності рекламної кампанії із прив'язкою до методів часових рядів, а саме моделі розподіленого лагу та моделі Койка у роботі [2]. Загалом, тематика досліджень, і до поточного часу характеризується жорсткою прив'язкою до економетричних методів, що надає простоту у вимірі та оцінці ефектів, але при цьому якість моделі завжди матиме високу залежність від якості даних та наявних гіпотез щодо їх перевірки.

Загальні підходи до моделювання маркетингу, і втому числі рекламного ефекту, із імовірнісної точки зору, розписано у серії матеріалів професора маркетингу Харді, перед АМА [3]. У контексті прикладів розглянутих в матеріалах, визначаються шляхи поліпшення опису та прогнозу спостережуваних даних, за рахунок імовірнісного моделювання не спостережуваної неоднорідності серед покупців.

Щодо ролі окремих інструментів реклами було запропоноване дослідження Хабіба, Амаднеха та Алсбуї на прикладі сфери рітейлу одягу [4]. У ході дослідження було акцентовано увагу на взаємозв'язку між конкретними рекламними практиками та імпульсивним попитом, та оцінено тісноту між ними.

Іншим напрямом робіт є дослідження частоти рекламної інтеракції із метою стимулювання попиту. Теоретичні викладки щодо конкретного вигляду сигналу і частоти впливу у своїй роботі представив Месак [5]. Так, у роботі було здійснено порівняння рівномірного рекламного впливу та пульсуючого, із різними гіпотезами щодо функції витрат, та відповідно структури ринку. У роботі Санхі було проаналізовано вплив часового інтервалу між показами реклами на ймовірність купівлі із боку споживача, у онлайн середовищі. У ході роботи, із використання економетричного апарату, було розглянуто як короткострокові ефекти рекламного впливу, так і довготривалий ефект. Автор виявив, що на зібраних експериментально даних, реклама значно збільшує ймовірність того, що споживачі купуватимуть у ініціатора реклами, і це збільшення переноситься на майбутні випадки купівлі, тобто має довготривалі ефекти. У дослідженні виявлено важливість рознесення у часовому горизонті інтеракцій із користувачем. [6]

У сучасному контексті розвитку важливу роль у аналізі рекламного впливу відіграють дослідження із електронного маркетингу. Агутін, Дем'яненко та Потапенко у своїй роботі пропонують тематику просування веб-проекту, та методологію, згідно до класичного підходу лінійного програмування [7]. Блудова, Лещенко та Чижикова здійснили дослідження синергетичних ефектів рекламних впливів, у якості одного із інструментів реклами. [8]

Чжу та інші пропонують у своїй роботі варіації побудови рекомендаційної системи для підвищення ефективності реклами, на прикладі спортивного сектору [9]. Вони пропонують нову двоступеневу структуру під назвою Meta Hybrid Experts and Critics (MetaHeac), яка була розгорнута в системі двійників WeChat. Згідно з офлайн та онлайн експериментами, запропонований MetaHeac демонструє чудову ефективність як для контент-маркетингових кампаній у системах рекомендацій, так і для рекламних кампаній на рекламних платформах.

Кім та Хан розглянули питання ефективності реклами брендів від безпосередніх лідерів думок, що беруть участь у їх просування [10]. У даній роботі вони продемонстрували можливість використання методів машинного навчання у контексті вирішення питання прогнозування ефективності реклами.

Тільки у контексті сучасних методів можлива оцінки схожості особистості та бренду на основі не структурованих даних.

Постановка задачі. У даній роботі ми розглянемо динамічну модель ефекту реклами, із врахуванням імовірнісного характеру генерації попиту, та опишемо механізм вибору оптимальної рекламної кампанії, відносно вибору бренду. Будуть описані основні характеристики, що відіграють роль в контексті прийняття рішення, позитивні сторони та недоліки а також можливі перспективи розвитку даної тематики.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розглянемо сценарій коли перед маркетинговим підрозділом фірми поставлена задача надання оцінок та рекомендацій щодо вибору бренду для реклами, при чому ця задача є періодичною та рекомендації необхідно надавати що тижня. Нехай, підприємство має інформаційну систему, із детальним збереженням усіх угод купівлі-продажу її продукції, а також дані щодо усіх інтераццій покупця із підприємством, як сайт, соціальні мережі. Відповідно, вважатимемо можливим на базі цієї інформації здійснити детальний розгляд та ізоляцію усіх можливих ефектів, в тому числі реклами.

Здійснимо опис пропонованої нами моделі щодо процесу вибору рекламної кампанії відносно бренду, чи групи брендів. Модель застосовується у контексті динамічної фіксації економічної діяльності підприємства та управління її діяльністю.

Відповідно до цього, вважатимемо що знижка має обмежений у часі ефект, і при цьому приріст продажів може відрізнятися для кожного окремого моменту спостереження. Відповідно до цього, у моделі представлені три складові: тривалість ефекту знижки, часова структура зміни попиту відносно знижки та максимальна величина ефекту приросту.

Припустимо, що тривалість дії ефекту від знижки задається розподілом Вейбулла. Це одновимірний континуальний двохпараметричний розподіл, який набув широкого вжитку у моделюванні випадкових величин, як інтервал часу між двома подіями та час до виникнення конкретної події. Також, даний закон

використовується при моделюванні продажів нового продукту на ринку, у контексті поняття дифузії інновацій.

Даний розподіл є узагальненням експоненційного розподілу, який часто використовується із метою моделювання інтервалу часу між двома подіями. Розподіл визначений на невід'ємній частині дійсних чисел.

Нижче у (1) – (3) ми описали основні формули що описують даний розподіл, щільність, кумулятивну функцію розподілу та функцію виживання.

$$f(x; k_s, \lambda) = \frac{k_s}{\lambda} \left(\frac{x}{\lambda}\right)^{k_s-1} e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^{k_s}}, x \geq 0 \quad (1)$$

де, $f(\cdot)$ – функція щільності розподілу;

x – значення випадкової величини, тривалість ефекту від знижки;

k_s – параметр розподілу, коефіцієнт форми;

λ – параметр розподілу, коефіцієнт масштабу;

$$F(x; k_s, \lambda) = 1 - e^{-(x/\lambda)^{k_s}}, x \geq 0 \quad (2)$$

де, $F(\cdot)$ – кумулятивна функція розподілу;

$$S(x; k_s, \lambda) = e^{-(x/\lambda)^{k_s}}, x \geq 0 \quad (3)$$

де, $S(\cdot)$ – функція «виживання» випадкової величини;

Із вигляду функції (2) можна зробити висновок щодо характеру розподілу. Обидва параметри закону додатні.

Якщо коефіцієнт форми у формулі (2) дорівнює одиниці, то випадкова величина описуватиметься експоненційним законом розподілу. У такому випадку, інтенсивність відмов, або у нашому випадку відношення кількості проведених рекламних кампаній до певного тривалості ефекту від них, буде постійною.

Для закону Вейбулла ключовим параметром є коефіцієнт форми, який умовно можна поділити на три випадки, в залежності від характеристик модельованої випадкової величини. Якщо коефіцієнт форми менший за одиницю, то випадкова величина характеризується відносно вищою інтенсивністю відмов для менших значень випадкової величини. Відповідно, такий розподіл характеризуватиме рекламні кампанії короткої дії, тобто швидке нівелювання ефекту після початку рекламної кампанії, як наприклад ті що прив'язані до

високо обговорюваних у медіа тем. Також, такий вид розподілу може описувати невдалі рекламні кампанії, що не здатні формувати довготривалий інтерес та прив'язку у покупця. При значенні коефіцієнту розподілу, що дорівнює одиниці, випадкова величина має постійний рівень відмов. При значенні вищій за одиницю, випадкова величина має вищий рівень відмов для значень випадкової величини не в околі нуля. Відповідно, така форма розподілу може моделювати ефекти від рекламної кампанії, що якісно формують комунікацію та обізнаність покупця, або позитивний ефект «сарафанного радіо».

Описані вище ситуації представлені на рисунках 1 та 2, для різних значень параметру форми, та масштабу.

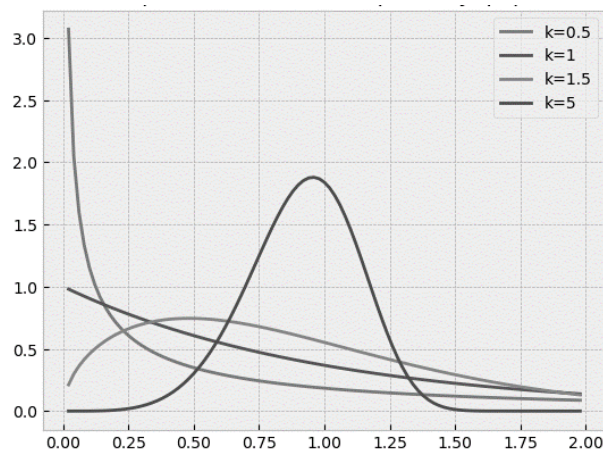


Рис. 1. Графіки щільності розподілу Вейбулла для різних параметрів

Джерело: сформовано на основі власних розрахунків

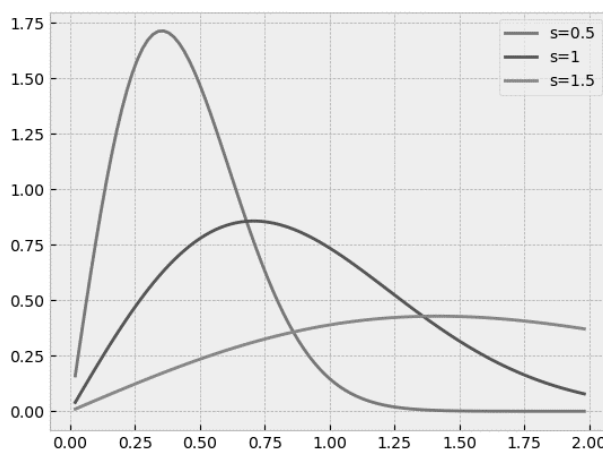


Рис. 2. Графіки щільності розподілу Вейбулла для різних значень масштабу

Джерело: сформовано на основі власних розрахунків

Математичне сподівання, медіана та дисперсія величини подана у формулах (4) – (6).

$$M(X) = \lambda \Gamma(1 + \frac{1}{k}) \quad (4)$$

де, $M(\cdot)$ – математичне сподівання;

$\Gamma(\cdot)$ – гамма-функція;

$$Med(X) = \lambda \ln(2)^{\frac{1}{k}} \quad (5)$$

де, $Med(\cdot)$ – медіана;

$$D(X) = \lambda^2 [\Gamma(1 + \frac{2}{k}) - (\Gamma(1 + \frac{1}{k}))^2] \quad (6)$$

де, $D(\cdot)$ – дисперсія;

Відповідно, використовуючи стандартні описові статистики, ми можемо наближено оцінити значення невідомих параметрів, і використати дані у контексті прийняття рішення, з урахуванням ризику, заданого розподілом.

Незважаючи, на усі позитивні характеристики розподілу Вейбулла, суттєвим недоліком є відсутність простого взаємозв'язку із деякими спряженими законами розподілу для параметрів, що суттєво ускладнює використання баєсівського статистичного підходу, поступової оцінки і задання розподілів невідомих параметрів. Відповідно, для використання баєсівського підходу необхідно використовувати чисельні альтернативи, як наприклад метод Монте-Карло, або здійснювати при кожному отриманні даних аналітичне інтегрування, або замінювати операцію чисельною оцінкою, згідно до правила Баєса. Саме тому, для спрощення підходу надалі основним показником що застосовуватиметься у процесі прийняття рішення буде середнє арифметичне. У контексті досліджень, були запропоновані різні варіації оцінки апостеріорних розподілів Вейбулла на базі апріорних розподілів, як наприклад експоненційного чи гама розподілів. Найбільш вдалим, на нашу думку є вибір гама розподілу.

Наостанок зазначимо, що параметри розподілу індивідуальні для кожного бренду, що може представляти неоднорідність у цільовій аудиторії, їх мотивації та у роботі із ними.

Одним із варіантів вирішення проблеми відсутності спряженого розподілу і відповідної замкнутої форми є варіації алгоритмів Марківських ланцюгів із

генеруванням методами Монте-Карло. Базовий алгоритм складається із вибору потенційного розподілу, який є пропорційним до шуканого. На кожному кроці здійснюється генерація значення параметру, після чого порівнюється щільність потенційних розподілів для старого і нового значення параметру. Якщо щільність для нового значення вища чим для старого, то значення обирається для наступного кроку, інакше нове значення може бути прийнято із певною імовірністю.

Враховуючи те, що ми здійснюємо аналіз та прогнозування часового ряду виручки, нам необхідно задати і форму реакції попиту на нашу рекламу. Даний компонент, таким самим чином, може бути заданий і використаний різноманітним чином. Так, як описано вище, це може бути представлено безпосередньо через закон розподілу Вейбулла. Іншим варіантом є побудова і оцінка деякої статистичної моделі часового ряду, в залежності від знань щодо предмету та отриманих в процесі діяльності даних.

У нашому випадку, ми задаватимемо часову реакцію на знижку у вигляді деякого детермінованого сигналу. Серед пропозицій щодо форми сигналу, це може бути постійне підвищення попиту, експоненційно затухаючий сигнал, або сигнал радіальної форми. Формули що представляють вигляд сигналу представлені у (7) – (9).

$$c_p(t; T_0, M_W) = \frac{1}{14}, T_0 \leq t \leq T_0 + M_W \quad (7)$$

де, $c_p(\cdot)$ – функція рекламного стимулювання;

$T_0(\cdot)$ – початковий момент часу, запуск реклами;

X_W – випадкова величина, тривалість ефекту реклами;

$$c_p(t; T_0, X_W) = e^{-4\frac{t-T_0}{14}}, T_0 \leq t \leq T_0 + M_W \quad (8)$$

$$c_p(t; T_0, X_W) = \frac{6}{14\sqrt{2\pi}} e^{-\left(\frac{(t-T_0-14/2)^2}{14^2/18}\right)}, T_0 \leq t \leq T_0 + M_W \quad (9)$$

На рисунку 3 нижче представлені форми сигналів.

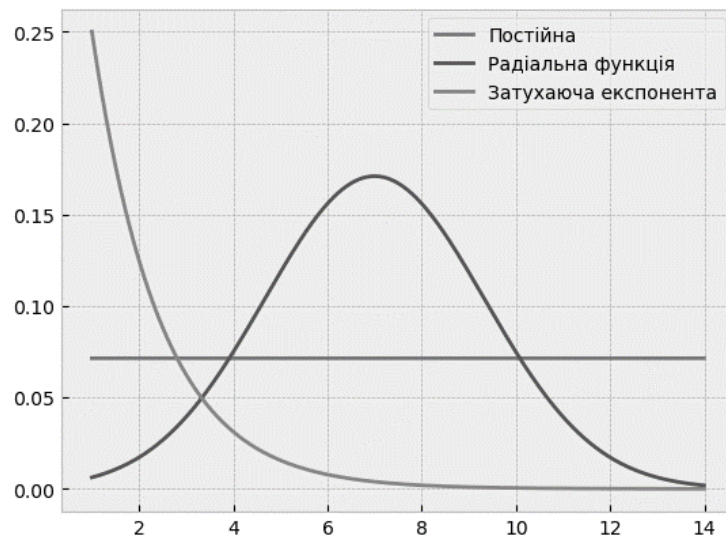


Рис. 3. Форми часової структури ефекту реклами

Джерело: сформовано на основі власних розрахунків

Відповідно, різна форма сигналу представлятиме різну динаміку у реакції попиту на рекламну кампанію. У (7) це сталий приріст попиту протягом усього часу дії знижки. У (8) це нівелювання ефекту протягом ефекту реклами, із найвищим часом у день її запуску. У (9) це поступовий і симетричний сплеск і спад попиту.

Вважатимемо, що рекламний ефект може зупинитися, після деякого випадкового періоду часу. Величину зростання визначатиме сума по усіх компонентах помножена на максимальний ефект протягом дії знижки.

Останнім елементом даної моделі введемо максимальний приріст попиту у процесі запуску рекламної кампанії. Це скалярна, детермінована чи випадкова, величина, яка вказує, наскільки відсотків збільшиться попит, відносно відсутнього стимулювання рекламою. Дану компоненту можна описати аналогічно до описаної вище функції від часу, у випадку коли виручка від рекламної кампанії не однорідна протягом часу.

У нашому випадку, нехай скалярна величина описує максимальний ефект від знижки. Припустимо що дана випадкова величина розподілена згідно до нормального закону розподілу. Щільність розподілу представлена у формулі (10).

$$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, x \geq 0 \quad (10)$$

де, $f(\cdot)$ – функція щільності розподілу;

x – значення випадкової величини, величина максимального приросту попиту;

μ – параметр розподілу, середнє значення максимального приросту;

σ – параметр розподілу, стандартне відхилення від середнього.

Математичне сподівання і дисперсія величини є параметрами моделі. Більшість статистик є продуктивними для оцінки невідомих параметрів. Сам розподіл є спряженим до себе, використання правила Баєса у ході баєсівського аналізу задається простими ітеративним формулами, із отриманням нових даних.

Відповідно і до тривалості ефекту знижки, для кожного бренду максимальним ефект буде індивідуальним.

Об'єднаємо описані вище елементи. У такому випадку, сумарний ефект рекламної кампанії на виручку підприємства буде представлятися у вигляді формули (11) – (12).

$$c_f(t; T_0, X_W) = \begin{cases} c_p(t; T_0, X_W), & t \leq T_0 + X_W \\ 0 & \end{cases} \quad (11)$$

де, $c_f(\cdot)$ – фактична тривалість ефекту реклами, із врахуванням випадкової тривалості;

$$pr(t; T_0, X_W) = c_f(t; T_0, X_W) cv_{max}, T_0 \leq t \leq T_0 + X_W \quad (12)$$

де, $pr(\cdot)$ – функція ефекту від рекламного стимулювання;

Зазначимо, що величина ефекту насправді не залежить від конкретного моменту час, а виключно варіюється від тривалості поточної рекламної кампанії. Відповідні заміни у формулах (7) – (9) та (12) представлено у формулах (13) – (17).

$$c_p(\tau; X_W) = \frac{1}{X_W}, 0 \leq \tau \leq X_W \quad (13)$$

де, τ – поточний час дії ефекту рекламного стимулювання, $\tau = t - T_0$;

$$c_p(\tau; X_W) = e^{-4\frac{\tau}{14}}, 0 \leq \tau \leq X_W \quad (14)$$

$$c_p(\tau; X_W) = \frac{6}{14\sqrt{2\pi}} e^{-\left(\frac{\tau-14/2}{14^2/18}\right)^2}, 0 \leq \tau \leq X_W \quad (15)$$

$$c_f(t; X_W) = \begin{cases} c_p(t; X_W), & t \leq X_W \\ 0 & \end{cases} \quad (16)$$

$$pr(\tau; X_W) = c_f(\tau; X_W) cv_{max}, 0 \leq \tau \leq X_W \quad (17)$$

Описаний вище ефект від стимулювання рекламою представляється у вигляді мультиплікативного ефекту, що накладається на початковий попит, у терміни визначені випадковою величиною у згідно до закону (1). У результаті, збільшення продажів із урахуванням ефекту знижки представлена у формулі (18).

$$q_{pr}(t, d) = q(t, d)pr(\tau; X_W) \quad (18)$$

де, $q_{pr}(t, d)$ – величина приросту продажів через вплив реклами.

Відповідно, виручка яка згенерована рекламною кампанією представлена у формулі (19).

$$\Delta y_{pr}(t, d) = p q_{pr}(t, d)(pr(\tau; X_W) - 1) \quad (19)$$

де, $\Delta y_{pr}(t, d)$ – величина виручки, згенерована рекламним впливом.

Зазначимо, що величина ефекту від рекламної кампанії та її тривалість є незалежними. Відповідно, при формулюванні і використанні формул ми можемо знехтувати коваріаційною складовою, і відповідно розглядати кожен із випадкових величин окремо.

Зазначимо, що відповідно до розгляду системи маркетингового управління в цілому, ефект від рекламної кампанії накладається на ефект від використання знижки. Враховуючи, це вважатимемо що рішення щодо вибору конкретної рекламної політики здійснюється до рішення щодо знижки, та інших заходів стимулювання продажів.

Описана вище механіка визначає яким чином здійснюється зміна попиту, спричинена рекламною кампанією.

Вважатимемо, що дана ситуація належить до теорії прийняття рішень. Фірма здатна забезпечити рекламну кампанію у період на два тижні виключно тільки для однієї такої компанії. Це може бути спричинено обмеженнями у спеціалістах, дизайнерах щодо підготовки однієї такої кампанії, або знанням та практиками із боку менеджменту.

Відповідно, із точки зору теорії прийняття рішень, множиною дій із боку агента є вибір конкретного бренду, щодо маркетингової кампанії. Існує безліч варіантів постановки задачі оптимального вибору. Так, це може бути простий апарат вибору виключно бренду, із найбільшим значенням приросту продажів або згенерованої виручки. Проблемою такого підходу є абстрагування від

реального процесу прийняття управлінських рішень, врахування стратегічної перспективи та потреби підтримки інтересу та стимулювання продажів усього портфелю брендів, а не виключно найбільш прибуткових. Іншою проблемою такого підходу є ігнорування процесу дослідження характеристик розподілів випадкових величин та у повільне уточнення інформації щодо розподілів кожного із компонентів. Наостанок, описана ситуація представляє процес прийняття рішення в умовах невизначеності чи ризику, і відповідно може продукувати не ефективні результати на початкових етапах діяльності, або у випадках малої обізнаності щодо ринкової кон'юнктури та попиту загалом.

Одним із варіантів рішення даної проблеми є постановка механізму вибору оптимального рішення, у контексті реального ринкового середовища, через використання методів багатоцільової оптимізації. Таким, чином, різними функціями ми представляємо різні компоненти та критерії якості маркетингової діяльності фірми. Серед таких критеріїв можуть бути виручка, кількість проданої цільової продукції, рівень інтересу бренду, величина конверсії на різних ланках процесу прийняття рішення. Одним із методів, задача такого плану може бути зведена до одноцільової задачі оптимізації.

У контексті даної роботи ми застосуємо так зване семплювання Томпсона. Даний алгоритм набув широкого вжитку у контексті вирішення проблеми «багаторукого бандита». У контексті даної проблеми, агент здійснює вибір серед рішень, у результаті якого здійснюється генерація користі. Агенту попередньо невідомо щодо характеру та параметрів невідомого розподілу, і у процесі здійснення рішень він одночасно із максимізацією користі від своїх рішень намагається дослідити розподіли невідомих йому величин. Відповідно, обрання виключно за рахунок апріорних гіпотез оптимального рішення може бути не ефективним, порівняно із деякою, менш чи не правильно оціненою альтернативою. Але і рівномірний пошук по всім альтернативам може бути затратним, у контексті втраченої вигоди від вже отриманої інформації. Таким чином, компроміс досягається у семплюванні Томпсона, за рахунок генерації із апріорних розподілів випадкової величини, обрання оптимального рішення із згенерованих альтернатив.

Відповідно, наш алгоритм щодо моделювання буде наступним:

1. Формуємо апріорні гіпотези щодо розподілів величин;
2. Отримання нових спостережень та формування;
3. Генеруємо із апостеріорних розподілів випадкові значення для кожного бренду та обираємо бренд із найвищим сумарним приростом продажів/часовою структурою;
4. Отримуємо нові спостереження та оновлюємо апостеріорні розподіли, після чого повертаємося до кроку 2

Відповідно до цього алгоритму, ми здійснили моделювання процесу вибору рекламної кампанії.

Проведення експериментів було здійснено наступним чином: було задано випадкові розподіли для кожної із величин для деяких трьох брендів. Задані розподіли оцінювалися на базі даних щодо реальних продажів, із гіпотезою щодо незалежності окремих величин один між одних. Після чого, для кожного бренду задавався апріорний розподіл параметрів, згідно до описаних вище законів. Закони параметрів належали до нормального, експоненційного та гамма розподілів. На базі цього, на кожній ітерації здійснювалася генерація даних, після чого застосовувався алгоритм прийняття рішення описаний вище.

У формулах (20) – (21) записані застосовувані далі позначення розподілів.

$$X_W \sim W(k_s, \lambda) \quad (20)$$

де, $W(k_s, \lambda)$ – позначення розподілу Вейбулла.

$$cv_{max} \sim N(\mu, \sigma) \quad (21)$$

де, $N(\mu, \sigma)$ – позначення нормального розподілу.

Відповідно задані параметри:

- Для першого бренду: $X_W \sim W(1.6, 10)$, $cv_{max} \sim N(0.1, 0.5)$, $c_p(\tau; X_W)$ – лінійна;
- Для другого бренду: $X_W \sim W(2, 6)$, $cv_{max} \sim N(0.2, 0.075)$, $c_p(\tau; X_W)$ – радіальна;
- Для третього бренду: $X_W \sim W(1.1, 4)$, $cv_{max} \sim N(0.05, 0.025)$, $c_p(\tau; X_W)$ – експоненційна.

На рисунку 4 ми можемо побачити частоту вибору конкретного бренду.

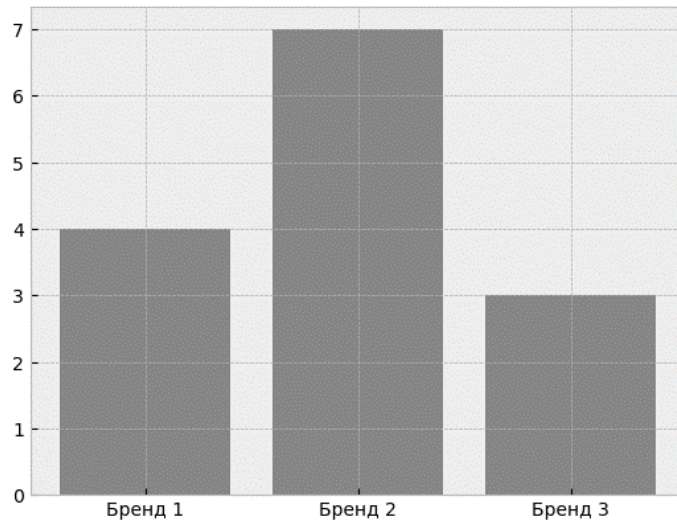


Рис. 4. Кількість виборів брендів для реклами

Джерело: сформовано на основі власних розрахунків

На рисунку 5 ми можемо побачити безпосередньо послідовність вибору брендів.

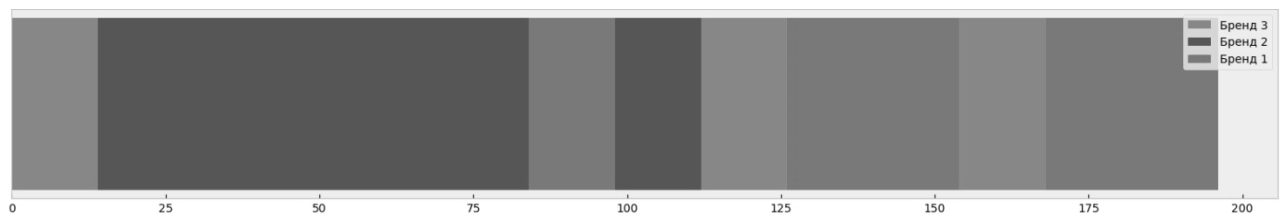


Рис. 5. Послідовність вибору брендів для реклами

Джерело: сформовано на основі власних розрахунків

Як ми можемо побачити на рисунках вище, агент обирає рішення та здійснює дослідження імовірнісних характеристик випадкових величин нерівномірно. Так, спочатку приділяється увагу альтернативі із радіальною формою сигналу та високим значенням максимального ефекту, із найвищим значенням відхилення. Наприкінці моделювання, вибір зміщується до менш варіативних альтернатив.

На рисунку 6 кореляційні поля відносно згенерованих значень для брендів.

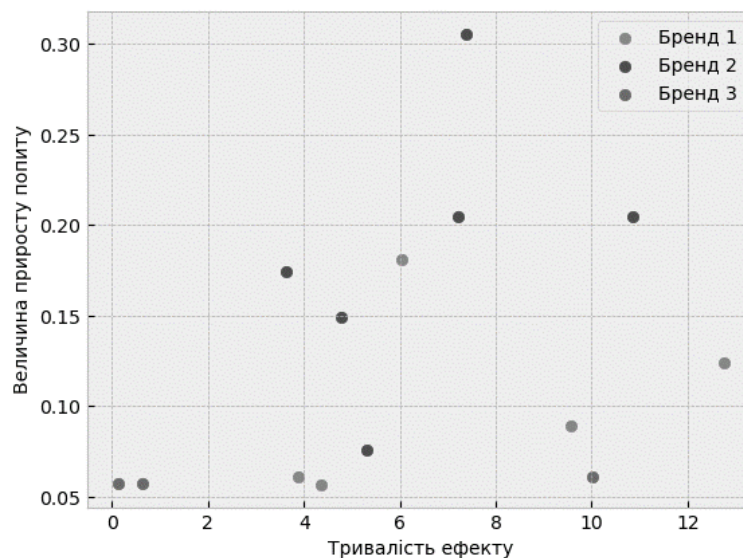


Рис. 6. Кореляційні поля величини ефекту реклами та тривалості ефекту

Джерело: сформовано на основі власних розрахунків

Ми можемо зазначити, що варіативність для бренду 1 та 2 відносно однакова. У випадку бренду 1 спостерігається більше середнє значення щодо тривалості ефекту. Однак, за рахунок різниці у формі сигналів, вища тривалість може нівелювати вищі значення ефекту, як наприклад при постійній формі сигналу чи радіальній. У випадку експоненційної залежності для бренду 3, майже увесь ефект генерується у перші періоди часового горизонту, що може нівелювати низькі значення величини ефекту в цілому.

На рисунку 7 ми можемо величини і часову структуру ефектів у контексті усіх ітерацій.

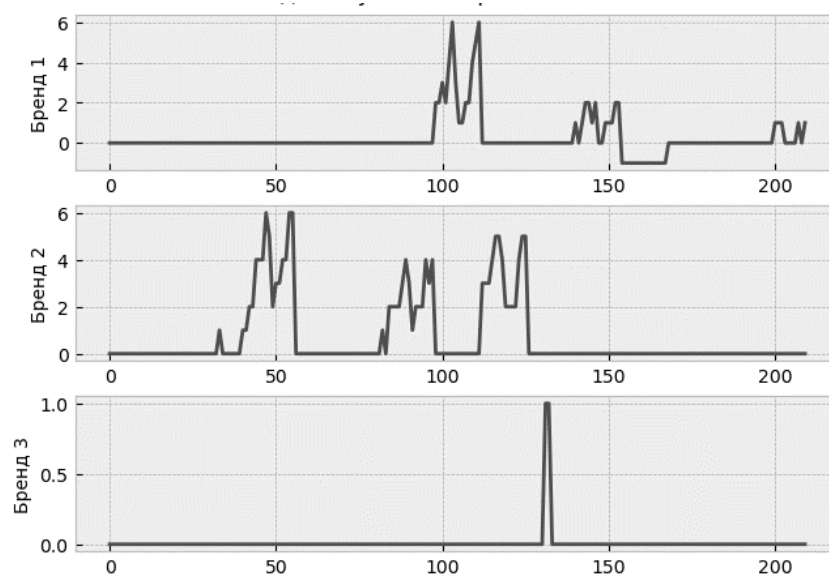


Рис. 7. Часова структура виручки від рекламного ефекту

Джерело: сформовано на основі власних розрахунків

Відповідно бачимо, що рекламні кампанії для бренду 3 майже не продукують продажів. Відповідно, доцільним є моделювання із вибором альтернатив за кількістю продажів а не виручкою у цілому.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У даній роботі ми розглянули динамічну модель ефекту реклами, що складається із трьох випадкових компонентів. Загалом, як одна із альтернатив у контексті прийняття рішення, особливо в умовах низької обізнаності щодо розподілів, підхід може бути корисним у контексті компромісу дослідження реакції на рекламу та максимізації ефекту від неї. Найбільш дискусіною частиною роботи можна вважати детерміновану форму часового ефекту сигналу. Відповідно, представлення і використання конкретної форми залежне від гіпотез із боку агентів, які беруть участь у процесі прийняття рішення. Можливою альтернативою є розгляд сигналу су вигляді деякого стаціонарного стохастичного процесу у залишках, з можливою виділеною детермінованою залежною від часу трендовою складовою. Як вже зазначалося у роботі, наступним кроком в контексті дослідження може бути заміна семплювання Томпсона на механізм багатоцільової оптимізації. Також перевірки можуть підлягати конкретні вигляди розподілів функції, перевірка можливих їх різних варіацій.

Література

1. Blattberg, R. C., & Jeuland, A. P. (1981). "A Micromodeling Approach to Investigate the Advertising-Sales Relationship". *Management Science*, 27(9), 988–1005
2. Clarke, D. G. (1976). "Econometric measurement of the duration of advertising effect on sales". *Journal of Marketing Research*, 13(4), 345-357.
3. An Introduction to Probability Models for Marketing Research. URL: https://www.brucehardie.com/talks/intro_tut_art_16_HO.pdf
4. Habib, S., Hamadneh, N. N., & Alsubie, A. (2021). "Modeling advertising practices for product involvement and consumer impulsivity in branded apparel: a case study of Indian consumers". *Sustainability*, 13(4), 2309.

5. Mesak, H. I., Bari, A., & Lian, Q. (2015). "Pulsation in a competitive model of advertising-firm's cost interaction". *European Journal of Operational Research*, 246(3), 916-926.
6. Sahni, N. S. (2015). "Effect of temporal spacing between advertising exposures: Evidence from online field experiments". *Quantitative Marketing and Economics*, 13, 203-247.
7. Агютін М. М. Математичне моделювання рекламного просування веб-проекту / Агютін М. М., Дем'яненко В. В., Потапенко С. Д. Моделювання та інформаційні системи в економіці : зб. наук. пр. МОН України, ДВНЗ «Київ. нац. екон. ун-т ім. Вадима Гетьмана». Київ : КНЕУ, 2020. Вип. 100. С. 29–38.
8. Tetiana Bludova, Andrii Chuzhykov and Kateryna Leshchenko (2019). Modeling the function of advertising reviews from media ads on the YouTube channel. *Innovative Marketing* , 15(3), 26-41. doi:[10.21511/im.15\(3\).2019.03](https://doi.org/10.21511/im.15(3).2019.03)
9. Kim, Y., & Han, S. (2020). Development of a Prediction Model for Advertising Effects of Celebrity Models using Big data Analysis. *Journal of the Korea Convergence Society*, 11(8), 99–106.
10. Zhu, Y., Liu, Y., Xie, R., Zhuang, F., Hao, X., Ge, K., ... & Cao, J. (2021, August). Learning to expand audience via meta hybrid experts and critics for recommendation and advertising. In *Proceedings of the 27th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery & Data Mining* (pp. 4005-4013).

References

1. Blattberg, R. C., & Jeuland, A. P. (1981), "A Micromodeling Approach to Investigate the Advertising-Sales Relationship", *Management Science*, vol. 27(9), pp. 988–1005
2. Clarke, D. G. (1976), "Econometric measurement of the duration of advertising effect on sales", *Journal of Marketing Research*, vol. 13(4), pp. 345-357.
3. Fader, P. S. and Hardie, B. G. S. (2016), "An Introduction to Probability Models for Marketing Research", available at: https://www.brucehardie.com/talks/intro_tut_art_16_HO.pdf (Accessed 05 Dec 2023).

4. Habib, S., Hamadneh, N. N., & Alsubie, A. (2021), “Modeling advertising practices for product involvement and consumer impulsivity in branded apparel: a case study of Indian consumers”, *Sustainability*, vol. 13(4), 2309.
5. Mesak, H. I., Bari, A., & Lian, Q. (2015), “Pulsation in a competitive model of advertising-firm's cost interaction”. *European Journal of Operational Research*, vol. 246(3), pp. 916-926.
6. Sahni, N. S. (2015), “Effect of temporal spacing between advertising exposures: Evidence from online field experiments”, *Quantitative Marketing and Economics*, vol. 13, pp. 203-247.
7. Agutin, M. & Demyanenko, V. & Potapenko, S. (2020), “Mathematical modeling of advertising promotion of a Web project”, *Modeling and Information Systems in Economics*, vol. 100, pp. 29-38.
8. Bludova T., Chuzhykov A. & Leshchenko K. (2019), Modeling the function of advertising reviews from media ads on the YouTube channel. *Innovative Marketing* , vol. 15(3), pp. 26-41. doi:[10.21511/im.15\(3\).2019.03](https://doi.org/10.21511/im.15(3).2019.03)
9. Kim, Y., & Han, S. (2020), “Development of a Prediction Model for Advertising Effects of Celebrity Models using Big data Analysis”, *Journal of the Korea Convergence Society*, vol. 11(8), pp. 99–106.
10. Zhu, Y., Liu, Y., Xie, R., Zhuang, F., Hao, X., Ge, K., & Cao, J. (2021), “Learning to expand audience via meta hybrid experts and critics for recommendation and advertising”, In *Proceedings of the 27th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery & Data Mining*, pp. 4005-4013.

Стаття надійшла до редакції 14.12.2023 р.