

МОДЕЛЮВАННЯ РЕКЛАМНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В УМОВАХ НЕКЕРОВАНИХ ФАКТОРІВ ПОПИТУ

Відомо, що організація продажів вироблених товарів і послуг є найважливішою частиною діяльності комерційного підприємства. Без організованого збуту будь-яка інша діяльність підприємства, рівно як і оптимізація виробничих процесів чи закупівель, не матиме економічного сенсу, оскільки лише під час збуту генеруються вхідні грошові потоки підприємства.

В умовах сьогодення економічна ситуація на більшості ринків товарів і послуг для населення являє собою досконалу або близьку до досконалої конкуренцію. Різноманіття вибору разом з великою кількістю доступних споживачам інформаційних джерел робить рекламу важливим інструментом стимулювання продажів на таких ринках.

Оскільки вартість розміщення реклами є високою, а також враховуючи те, що реклама існує в одному інформаційному просторі з іншими джерелами масової інформації, важливим є підвищення ефективності розподілу рекламних витрат, що може вимірюватися скороченням рекламних бюджетів за збереження потрібного рівня стимулювання попиту або підвищенням дієвості реклами при обмеженому рекламному бюджеті. Для того, аби приймати рішення з керування рекламними засобами, а саме розміщенням рекламних повідомлень у просторі та часі, необхідно розуміти, як саме реклама впливає на обсяги продажів.

Система, що встановлює відповідність між обсягами продажів і маркетинговими заходами та бере до уваги фактори зовнішніх умов, є досить складною [4]. Для ефективного впливу на обсяги продажів за допомогою реклами, тобто керування складною системою, необхідно знати достатньо точну її модель. Для побудови такої системи необхідно, щоб вона включала усі основні фактори, що визначають споживацьку поведінку, а саме придбання товарів чи послуг підприємства. Споживачі приймають рішення про покупку як під дією багатьох маркетингових ознак підприємства, таких як характеристики товару, його ціна тощо, так і внаслідок впливу факторів середовища, зокрема сезонності. Попри важливий вклад реклами, рекламна діяльність не є єдиною складовою, яка визначає обсяги продажів. Крім маркетингових і рекламних дій підприємства, на споживацьку поведінку та відповідно обсяги збуту також впливають фактори ринкового середовища, зокрема такі, у яких існують споживачі.

Поділимо усі фактори, які визначають обсяг попиту й обсяг продажів на ті, що обумовлені діями підприємства (керовані), та ті, що обумовлені середовищем

і є невідконтрольними підприємству (некеровані), принаймні безпосередньо та у короткостроковій перспективі.

Прикладами некерованих факторів можуть бути:

1. Сезонні коливання попиту.
2. Коливання перехресного попиту через зміну попиту на комплементарні товари чи послуги.
3. Певні характеристики товару чи супутні йому послуги або умови продажу.
4. Характеристики, що описують групи споживачів, на яких націлено рекламу.

Таким чином, різні нерекламні фактори можуть складати значну частку факторів, що обумовлюють обсяг попиту або чутливість до реклами. Отже, для того, аби бути ефективною, модель прогнозування продажів має враховувати такі нерекламні фактори.

Характер взаємозв'язку реклами та продажів добре вивчений, і відомо чимало ефектів, що визначають характер цього взаємозв'язку та моделей, які формалізують ці ефекти у вигляді формально виражених математичних моделей. Зокрема, часто застосовуються кумулятивний рекламний ефект та ефект спадної віддачі від масштабу реклами.

C. Beltran-Royo, H. Zhang, L. A. Blanco та J. Almagro у серії своїх наукових робіт послідовно досліджують задачу багатоперіодного багатопродуктового рекламного бюджетування, включаючи до моделі фактори спадної віддачі від масштабу, ефекту перенесення рекламного ефекту у часі, що спричинене плавним характером забування споживачами реклами та існування певного рівня насичення рекламного каналу [5].

Теорія кумулятивного рекламного ефекту припускає, що споглядання споживачами рекламного повідомлення створює обізнаність споживачів про бренд на ринку, розкриває певний імідж бренду та в цілому асоціює даний бренд з певним типом товару, що входить до споживацького набору. Як наслідок, підвищується ймовірність обрання споживачем саме рекламованого товару чи послуги, що сприяє зростанню продажів.

Кожне нове споглядання реклами підвищує обізнаність; і рівень її тим вищий, чим менше пройшло часу з моменту останнього споглядання реклами. Відповідно, з плином часу з моменту останнього споглядання рекламного повідомлення відбувається поступове забування споживачем його змісту і самого факту його споглядання. Цей ефект називається «ефектом розпаду акумульованого рекламного ефекту» та визначає швидкість, з якою переглянуте рекламне повідомлення буде забуте.

У разі відсутності нових розміщень реклами та її споглядань споживачами рівень обізнаності про бренд і товари та послуги, які він пропонує, врешті-решт повертається до початкового нульового рівня, якщо мова йде про новий продукт. Більш детально розглянемо кумулятивний рекламний ефект та існуючі методи його моделювання [3]. Перше і найбільш узагальнене визначення проблеми було сформульовано в моделі Бродбента:

$$A_t = T_t + \lambda A_{t-1}, t = 1, \dots, n, \quad (1)$$

де A_t – накопичений рекламний ефект за час t ; T_t – кількість реклами, розміщеної за час t ; λ – параметр, що описує ефект розпаду накопиченого рекламного ефекту або лаговий ваговий параметр.

Рекурсивна структура цієї моделі передбачає, що ефект від початкового рекламного повідомлення асимптотично наближається до «0» у нескінченному горизонті планування.

На рис. 1 зображено характер зміни накопиченого рекламного ефекту у часі за умови регулярного однакового вкладення у розміщення кожні 10 періодів.

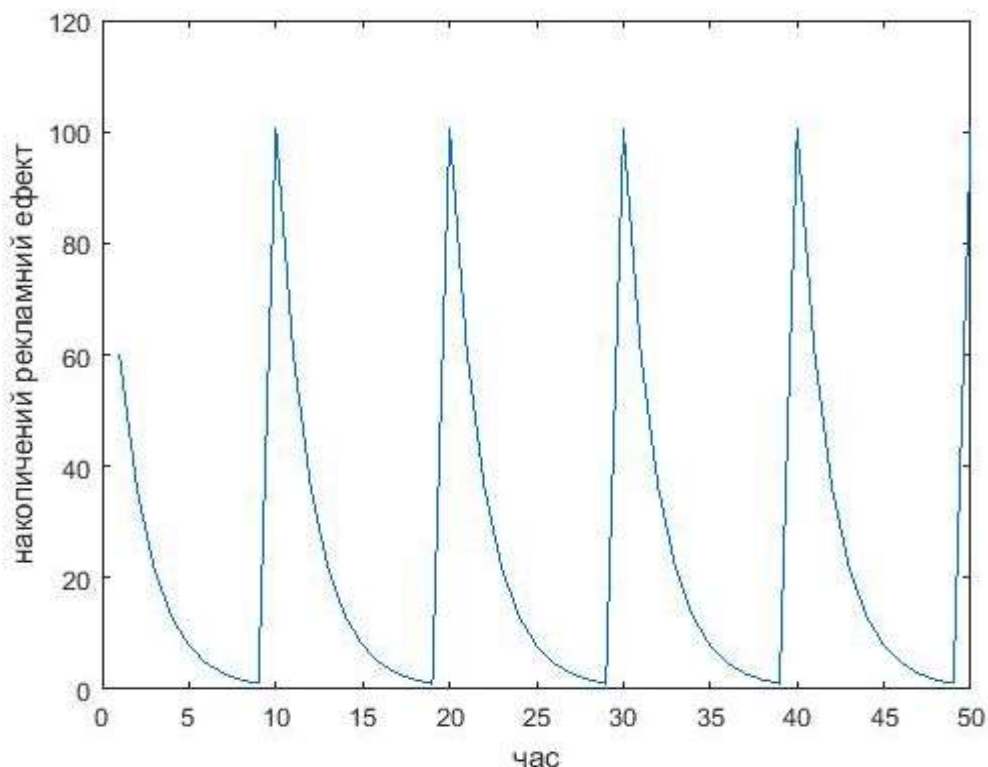


Рис. 1. Зміна накопиченого рекламного ефекту у часі

Спадний ефект від масштабу передбачає, що необмежене збільшення кількості розміщень рекламного повідомлення не може необмежено збільшувати продажі через те, що споживачі звикають до реклами, і вона перестає бути ефективною. З цього робиться припущення, що існує певний рівень насичення

ринку, тобто припустима максимальна кількість продажів, що визначається чисельністю визначеної цільової аудиторії або пропозицією фірми, якщо обсяг пропозиції не покриває весь обсяг попиту, і відповідно після певного рівня кількості реклами в період часу ефект від подальшого вкладення в рекламу є нульовим, адже додаткові продажі не можуть бути згенеровані.

Характер взаємозв'язку некерованих факторів впливу на обсяг попиту й обсяги продажів практично не висвітлений в науковій літературі. Крім того, на відміну від рекламних засобів, некеровані фактори є більш неоднорідними та численними, тому більш доцільно задавати взаємозв'язок між некерованими факторами й обсягами продажів не у вигляді явного виразу, а за допомогою неявно заданих функцій.

Kui Zhao, Junhao Hua та Ling Yan у своїх роботах [2] зазначають, що перевагою логістичних моделей залежності попиту від реклами є їх придатність для оптимізації та пошуку оптимального рекламного плану, в той час як штучні нейронні мережі добре зарекомендували себе для моделювання зв'язку між некерованими факторами попиту й обсягом продажів. Вони пропонують застосовувати штучні нейронні мережі як елемент моделі, що пов'язує некеровані фактори та еластичність продажів за рекламними витратами або ж рівень безумовних продажів, який не залежить від рекламної діяльності.

Запозичимо ідею поєднання нейронної мережі та явно вираженої функції для побудови моделі залежності обсягів продажів від керованого фактору розподілу рекламних витрат і некерованого фактору умов ринкового середовища й ознак самих споживачів. Візьмемо за основу логістичну модель, яка враховує фактори накопиченого рекламного ефекту та спадної віддачі від масштабу, наведеної у роботі «Динамічне визначення бюджету рекламної кампанії» [1]:

$$S_t(g, \alpha_t, \beta) = \alpha_t(1 - e^{-\beta y_t(g)}), \quad (2)$$

$$y_t(g) = \delta y_{t-1}(g) + g_t \quad t \in T, \quad (3)$$

$$y_0(g) = \widetilde{y}_0, \quad (4)$$

де S_t – обсяг продажів в період часу t ; α_t – максимальна місткість ринку в період часу t ; β – коефіцієнт спадної віддачі від масштабу, що визначає швидкість насичення рекламою; $y_t(g)$ – величина накопиченого рекламного ефекту в період часу t ; g_t – обсяг рекламних витрат в період часу t ; δ – коефіцієнт перенесення рекламного ефекту, який визначає, як довго зберігається ефект від реклами.

Як бачимо, за відсутності рекламних витрат в періоді t значення обсягу продажів за моделлю буде дорівнювати «0», що в принципі невірно, оскільки

існує певний рівень безумовних продажів, обумовлених некерованими факторами.

Модифікуємо модель:

$$S_t(g, \alpha_t, \beta) = \alpha_t(1 - e^{-(nn(x)+\beta y_t(g))}), \quad (5)$$

де x – некеровані фактори попиту; $nn(x)$ – нейронна мережа, яка на основі некерованих факторів попиту x прогнозує певний коефіцієнт.

Для оцінки параметрів моделі та зокрема параметрів нейронної мережі можна зібрати тренувальні дані:

$$\{([x_{1t}, g_{1t}], S_{1t}), \dots, ([x_{Mt}, g_{Mt}], S_{Mt})\}, \quad (6)$$

де M – кількість екземплярів тренувальних даних.

Тоді параметри даної моделі можна оцінити за допомогою методу градієнтного спуску, знайшовши мінімум наступної від'ємної логарифмічної функції [4]:

$$I = -\frac{1}{\sum_{t=1}^T M_t} \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^{M_t} [S_{jt} \log \widehat{S}_{jt} + (1 - S_{jt}) \log(1 - \widehat{S}_{jt})], \quad (7)$$

де S_{jt} – фактичне значення продажів у період t для тренувального набору j ;

\widehat{S}_{jt} – модельне значення продажів у період t для тренувального набору j .

Більш детально розглянемо нейронну мережу $nn(x)$. Вона може мати n деяких вхідних значень (вхідних нейронів), які вимірюють некеровані фактори попиту. На виході нейронної мережі матимемо один коефіцієнт. Оскільки фактично нейронна мережа здійснюватиме в даному випадку апроксимацію деякої невідомої нам функції розрахунку коефіцієнта від n змінних, скористаємося теоремою універсальної апроксимації Цибенко [5] і застосуємо одношаровий перцептрон, тобто нейронну мережу з одним прихованим шаром нейронів як достатню для даної задачі. З огляду на те, що характер впливу некерованих факторів на продажі нам невідомий, висунемо припущення про існування нелінійних ефектів даного впливу. Для того, аби врахувати нелінійність, застосуємо сигмоїдну функцію активації нейронів, яка має нелінійний вид.

Ключовим елементом у роботі з нейронними мережами є процес навчання нейронної мережі на тренувальному наборі даних. У якості тренувальних даних застосуємо масив даних щодо продажу продовольчих товарів в супермаркетах за 2014 р., що був зібраний аналітичною компанією dunnhumby [6]. У наборі наводяться дані про щотижневі результати продажів конкретних товарів в конкретних магазинах (загалом 525 тис. щотижневих спостережень). Кожне спостереження описується наступними значеннями:

- week_end_date – період
- Store_num – номер магазину, для якого представлені дані

- Urc – ідентифікатор товару
- Units – кількість проданих одиниць товару
- Visits – кількість відвідувань магазину
- Hhs – кількість домогосподарств, що відвідали магазин
- Spend – сумарний обсяг продажів товару в магазині за тиждень
- Price – ціна, за якою продавався товар (ціна зі знижкою)
- Base_price – базова ціна

В цьому масиві даних припускається, що замість реклами виробники товару роблять деяку знижку, яка дорівнює різниці між базовою ціною та ціною продажу. Таким чином: чим більше знижка, тим більші рекламні витрати g.

- Feature – товар рекламувався в буклеті зі знижками магазину
- Display – товар рекламувався на стенді всередині магазину
- Trg_only – чи був цінник товару помічений як «акційний»

Для подальших розрахунків будемо використовувати дані наступним чином: вважати, що feature, display, trg_only – це некеровані змінні (входи нейронної мережі, а (base_price-price)*units – рекламні витрати.

Висновки. Розроблено нову модель, за якою на обсяги продажів мають вплив як керовані фактори на кшталт реклами, так і некеровані фактори типу рекламних акцій самих магазинів або ж ціни на конкурентні товари. Під час розрахунку обсягів продажів і керування рекламою необхідно використовувати модель, яка буде брати до уваги некеровані фактори.

Побудовано економіко-математичну модель залежності обсягів продажів від обох видів факторів та інкорпоровано вплив некерованих факторів шляхом включення нейронної мережі до базової моделі. На основі припущень про характер взаємодії визначено структуру нейронної мережі й обрано та описано тренувальний набір даних для її навчання.

Природньо буде висунути гіпотезу про те, що за усіх інших незмінних умов, керовані фактори, зокрема рекламу, доцільніше за все використовувати за таких конкретних комбінацій ринкових і загальних умов, коли вплив некерованих факторів найменш виражений або відсутній.

Однак, відсутність впливу деяких некерованих факторів, і відповідно безумовного рівня обсягу попиту, може свідчити про те, що за таких комбінацій умов ринок з якихось причин не схилитиметься до здійснення споживання. Звідси логічно випливає, що рекламне стимулювання ринку, який знаходиться в таких умовах, не буде знаходити активного відгуку.

Дані гіпотези мають бути перевірені після реалізації моделі в програмному комплексі й оцінки її параметрів. Разом з тим, у якості вхідних даних приймають рекламні витрати, а у якості незалежних змінних і параметрів – ті, що описують середовище (некеровані фактори).

Список використаних джерел

1. Острянин С. О. Динамічне визначення бюджету рекламної кампанії / С. О. Острянин, О. Г. Яковенко // Журнал «Бізнес Інформ». – 2017. – № 10. – С. 204–209. – Режим доступу: https://www.business-inform.net/export_pdf/business-inform-2017-10_0-pages-204_209.pdf.
2. Kui Zhao, Junhao Hua, Ling Yan, Qi Zhang, Huan Xu, and Cheng Yang. A Unified Framework for Marketing Budget Allocation. // In Proceedings of the 25th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining (KDD '19). ACM, New York, NY, USA. – 2019. – № 10. – С. 1820–1830. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1145/3292500.3330700>.
3. Острянин С. О. Моделювання рекламної діяльності з врахуванням зміни попиту за дифузійним законом / С. О. Острянин, О. Г. Яковенко // Колективна монографія «Управління розвитком суб'єктів підприємництва: механізми, реалії, перспективи». – 2018. – С. 325–337.
4. Яковенко О. Г. Математичні моделі процесів активності в економічній динаміці: моногр. / О. Г. Яковенко. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Дніпро: Біла К.О., 2017. – 295 с.
5. Beltran-Royo, C. Multiperiod Multiproduct Advertising Budgeting: Stochastic Optimization Modeling / C. Beltran-Royo, H. Zhang, L. A. Blanco, J. Almagro // The International journal of Management Science Volume 59, Part A, March 2016, Pages 26–39.
6. George Cybenko Approximation by superpositions of a sigmoidal function / George Cybenko // Mathematics of control, signals and systems. – 1989. – № 4. – С. 301–314. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/226439292_Approximation_by_superpositions_of_a_sigmoidal_function_Math_Cont_Sig_Syst_MCSS_2303-31.