

strengthen the weaknesses. The integrated development map of the companies under study is the navigating element of the proposed methodological approach. It allows identifying points for financial collision, not only taking into account the priority direction of development, but also the level of integration. The study compares the effectiveness of the replication model and the interaction of companies based on the diffusion of strengths with the application of financial offsets in a covid-crisis environment. A comparative analysis of the results obtained from the two approaches helped to identify the advantages and limitations of the replication model in the context of increasing the level of development for all companies. The study proves that companies using integrated development based on the replication model can develop at a faster pace in a covid-crisis compared to the traditional approach. Enterprises that implement a replicative model of integrated development can significantly improve its prospects and performance. Companies focused on integrated development based on the replication approach can effectively use their financial resources while significantly improving the overall level of business development in a covid-crisis environment. The conducted research can be useful for those who develop corporate governance strategy and investment policy, as well as form the risk management in the company in order to effectively develop the business on the basis of its integrated operations.

Keywords: integrated development; efficiency; replication model; regression analysis; COVID-crisis.

Стаття надійшла до редакції 21.05.2022

УДК 338.467 : 004.942
JEL Classification C02, D12
DOI 10.33111/sedu.2022.50.177.196

Гаркавенко Владислав Олександрович*
Стець Олена Вікторівна**

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ КЛІЄНТСЬКОЮ БАЗОЮ ПІДПРИЄМСТВА

Анотація. Незважаючи на досить широку лінійку розроблених моделей для управління клієнтською базою, практика впровадження повноцінних моделей управління такими базами досить невелика. Це пов'язано, в першу чергу, з трудомісткістю і високими витратами на реалізацію комплексної моделі управління клієнтською базою компанії. Також проблема криється і

* **Гаркавенко Владислав Олександрович** — магістрант кафедри економічної кібернетики, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (м. Київ, Україна), ORCID 0000-0003-0508-594X, vladyslav.harkavenko@gmail.com

** **Стець Олена Вікторівна** — канд. фіз.-мат. наук, доцент, доцент кафедри економічної кібернетики, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (м. Київ, Україна), ORCID 0000-0001-5514-3533, alenska0519@gmail.com

в обмеженнях самих моделей. Як правило, потреба в управлінні своєю клієнтською базою компанії виникає у компанії з розміром клієнтської бази від декількох тисяч до мільйонів клієнтів. В цьому випадку впровадження методів і підходів, спрямованих на управління одним клієнтом, не раціональне, і потрібні моделі, адаптовані на роботу з групами клієнтів. Важливим обмеженням в існуючих дослідженнях виступають і параметри кластеризації клієнтської бази. Більшість авторів пропонує в якості критерію поділу на групи клієнтів розглядати кількість покупок і давність скоєння останньої покупки клієнтом. При цьому не враховуються такі параметри купівельної поведінки клієнтів, як сума здійснених покупок, цінність клієнта для компанії і час взаємодії клієнта і компанії. Ще одним важливим критерієм для компанії при виборі моделі управління кластерами клієнтів, є можливість динамічного управління клієнтськими кластерами. Останнім часом збільшилася кількість досліджень, спрямованих на спроби динамічного прогнозування чисельності клієнтської бази, але комплексного рішення, що враховує динаміку зміни всіх показників розрахунку довгострокової вартості клієнтської бази (доходи від клієнтських сегментів і чисельності клієнтської бази), так і не було представлено.

Авторами досліджено теоретичні аспекти аналізу та управління клієнтською базою підприємства. Розроблено методичний підхід та інструменти для прогнозування поведінки клієнта для найбільш ефективного стимулювання попиту та клієнтоорієнтації підприємства на основі підходу оцінки CLV клієнта. За допомогою стохастичних моделей Pareto/NBD та Gamma-Gamma було зроблено прогноз майбутньої кількості та вартості покупок клієнтів компанії та визначено ймовірний відтік клієнтів.

Ключові слова: клієнтоорієнтованість; CRM; життєва цінність; клієнтська база; залучення та утримання клієнтів; моделювання Парето / NBD; моделювання Гамма-Гамма.

Вступ. Сучасна економічна ситуація характеризується зростаючим рівнем конкуренції серед українських та світових компаній і високою волатильністю купівельних переваг. А саме в умовах, коли на ринку існує велика кількість пропозицій, йде гостра конкурентна боротьба за кожного покупця між підприємствами у будь-якій галузі, тому компанії вимушені шукати нові ефективні способи управління.

Сьогодні більшість торгових компаній зіткнулося з критичним падінням попиту, уповільненням темпів збуту товарів і ростом операційних затрат та собівартості. Особливо явно ця тенденція почала проявлятися після початку пандемії в 2020 році та військових в 2022 році, що спричинили переорієнтацією кінцевих споживачів на економію і зростання заощаджень. Остання світова криза показала, що в умовах нестабільного фінансового становища компанії, які мають значний рівень лояльності клієнтів, змогли утримати лідируючі позиції на ринку. Це в черговий раз доводить, що методи управління, засновані на масовому знеособленому виробництві, знову поступаються місцем клієнтоорієнтованому веденню бізнесу або CRM – Customer Relationship Management, спрямованому на розуміння потреб своїх клієнтів і підвищення ефективності роботи з ними [1].

Перехід підприємств до клієнтоорієнтованого ведення бізнесу дозволяє компанії збільшити свій прибуток і ефективність, підвищити свою прибутковість за рахунок збільшення виручки від існуючої клієнтської бази та оптимізації операційних витрат. Важливість якісного управління клієнтською базою компанією в процесі ефективного управління компаніями відзначається у своїх роботах і таких авторах, як Майер [2], Пепперс і Роджерс [3], Сьюел [4].

Постановка завдання. У західній науковій літературі проблема управління клієнтською базою широко розглядалася різними фахівцями як у галузі маркетингу, так і в галузі управління бізнесом. Проблема про ефективне управління базою клієнтів з'явилася ще з популяризацією перших програм лояльності у світі у 1980-х роках та досліджується дотепер.

Згідно з дослідженням Фредеріка Рейххельда, консультанта Bain & Company, 5 %-ве зростання рівня утримання клієнтів може призвести до збільшення прибутку від 25 % до 95 % [5].

Збільшення коефіцієнту лояльності впливає на такі ключові параметри росту прибутку підприємства:

1. Динаміка чисельності споживачів. Між рівнем лояльності і коефіцієнтом вибуття клієнтської бази існує статистично показана зворотна залежність – чим вище коефіцієнт лояльності, тим нижче коефіцієнт вибуття клієнтів.

2. Зростання прибутку на одного клієнта (середнього чеку). Однією з переваг довготривалих відносин з клієнтом є те, що в більшості галузей, в тому числі в нафтопродуктовій, обсяги продажів мають тенденцію до зростання з часом. Основними причинами цього є: а) збільшення кількості перехресних продажів, адже з часом клієнт краще дізнається асортимент компанії та, як правило, розширює діапазон товарів, що купує; б) зростання потреб клієнта з часом; наприклад, зміна соціального становища, поява дітей тощо призводить до появи нових потреб, задоволення яких з більшою часткою ймовірності буде відбуватися в компанії, з якою клієнт вже співпрацює і ставиться до неї лояльно; в) зниження витрат на залучення клієнтів. До витрат на залучення клієнтів відносяться: реклама, цінкові знижки, відсоток комісійних для торгових агентів тощо. Очевидно, що підвищення індексу лояльності веде до зниження темпів зростання вибуття клієнтів. Таким чином, для підтримки певного рівня клієнтської бази потрібно залучати менше нових клієнтів, що призводить до зменшення величини витрат компанії на залучення споживачів.

3. Зниження операційних витрат. Як правило, величина операційних витрат на обслуговування клієнта з часом скорочується. Персонал витрачає менше часу на обслуговування старих клієнтів, так як вони володіють достатніми знаннями про цю компанію, і компанія, в свою чергу, багато знає про звички клієнта. Вплив рівня лояльності споживачів на операційні витрати особливо виражений в роздрібній торгівлі та дистриб'юторської діяльності. Так підприємство, яке має клієнтську базу з високим рівнем плинності, повинно тримати на складі більш значні запаси товарів, ніж підприємство, яке обслуговує постійних

покупців. Постійна клієнтська база допомагає організувати управління запасами, мінімізувати змушені знижки для зменшення величини надлишків продукції на складі і спростити прогнозування попиту на товар в майбутньому.

4. Збільшення кількості рекомендацій. Споживачі, що з'являються після особистих рекомендацій, зазвичай більш привабливі як клієнти, тобто забезпечують велику прибутковість і залишаються взаємодіяти з компанією довше, ніж клієнти, які реагують на рекламу конкурентів, розпродажі і цінові просування.

Клієнтоорієнтоване ведення бізнесу, в свою чергу, вимагає реорганізації існуючих, заснованих на продукто-орієнтованій стратегії, бізнес-процесів компанії, зміни принципів планування і розробку нових підходів до управління організацією. Новий клієнтоорієнтований підхід до управління бізнесом тягне за собою зміну методів розрахунку ключових показників ефективності ведення бізнесу. Зокрема, прибуток компанії повинен розраховуватися в залежності від розміру і якості клієнтської бази, а не продукту. Витрати компанії повинні враховуватися в розрахунку на клієнта, а не одиницю товару. Крім модифікації існуючих показників для ефективного управління клієнтською базою потрібна розробка нових показників, що відображають якість клієнтів компанії і ефективність взаємодії з ними.

На поточний момент розроблений ряд окремих показників, які дозволяють оцінювати вартість і якість наявної клієнтської бази. Але все більше компаній, як українських, так і зарубіжних, розуміють важливість комплексного підходу до управління групами клієнтів. У наслідок чого виникає необхідність розробки комплексної моделі управління, що дозволяє не тільки прогнозувати прибутковість груп клієнтів в майбутньому, але також оцінювати ефективність заходів, пов'язаних з управлінням клієнтською базою, і гнучко налаштовувати інструменти управління клієнтами.

Так, в рамках CRM стратегії управління компанією, можна виділити два ключові підходи до оцінки ефективності управління клієнтами і вартості клієнтської бази компанії: один з напрямків, якому віддають перевагу західні компанії, — підхід на основі показника лояльності клієнтів; другий підхід — оцінка довгострокової вартості. У ході дослідження був проведений порівняльний аналіз двох підходів, на основі якого був обраний другий підхід на основі довгострокової вартості клієнтів.

Предметом дослідження є розробка моделі для прогнозування ймовірності повторної покупки клієнта, кількості та цінності його майбутніх транзакцій задля ефективного управління. Об'єктом дослідження є клієнтська база підприємства та її структура залежно від цінності для компанії. Мета дослідження – це побудова та реалізація універсальної динамічної моделі оптимізації управління клієнтською базою компанії із врахуванням поведінкових характеристик та цінності груп клієнтів. Для досягнення цієї мети слід поетапно виконати завдання:

– побудувати динамічну модель оцінки довгострокової вартості клієнтської бази компанії;

- виявити фактори, що впливають на динаміку поведінкових характеристик груп клієнтів;
- сформулювати критерії та інструменти оптимального управління клієнтською базою з точки зору компанії на основі купівельних характеристик груп клієнтів.

Таким чином, компанії потребують комплексної динамічної моделі управління групами клієнтів. Дана модель повинна дозволити:

- прогнозувати майбутнє значення CLV для клієнта;
- ідентифікувати найлояльніших клієнтів з максимальним CLV;
- ідентифікувати відтік шляхом розрахунку прогнозованої ймовірності здійснення повторної покупки в компанії;

Результати.

Вибір підходу та порівняння моделей. Для проведення порівняльного аналізу запропонованих моделей до управління клієнтською базою компанії необхідно виявити сильні і слабкі сторони кожної з них, в тому числі, з точки зору відповідності вимог бізнесу до таких моделей.

Підхід на основі лояльності клієнта. У процесі дослідження моделей управління на основі показника лояльності клієнтів, представлених в роботах Ж.-Ж. Ламбена [6], Ф. Рачхелда [7], Д. Аакера [8], Я. Хофмайера і Б.Райса [9], та їх адаптації до сучасних реалій було сформовано комплексне агреговане визначення поняття «лояльність» – це показник, що характеризує відношення клієнта до компанії, до її товарів та послуг. Включає в себе як емоційний, так і раціональний компонент. Ступінь лояльності знаходить своє відображення в купівельній поведінці клієнта, його намір продовжувати свої взаємини з компанією і готовність до співпраці з нею.

Можна виділити два основних напрямки оцінки рівня лояльності клієнта в залежності від типу лояльності.

Перший із них для оцінки раціональної лояльності використовуються кількісні оцінки, засновані на аналізі купівельної поведінки клієнта, такі як: 1) кількість повторних покупок; 2) частка компанії в бюджеті споживача; 3) узагальнений Індекс Entis-Paul [10].

Другим напрямком є оцінка емоційної складової лояльності (або прихильності) з використанням показників на основі балів, які розраховуються, спираючись на проведення опитувань клієнтів. До таких моделей належать: 1) конверсійна модель [9]; 2) методика Ламбена [6]; 3) узагальнений Індекс Entis-Paul [10].

Але підхід оцінки клієнтів за показником лояльності не є однозначно точним. Так, згідно з дослідженням, проведеним Ф. Райхелдом в його книзі «Ефект лояльності» [7], від 60 до 80 % покупців, які відмовилися від послуг компанії, під час нещодавно проведеного опитування показали, що вони задоволені або дуже задоволені покупкою. Але при цьому частка повторних покупок цих клієнтів була не така висока.

Підхід на основі довгострокової вартості клієнта. Для подолання обмежень моделей управління клієнтською базою компанії, заснованих на показнику

лояльності клієнтів, розглянутих вище, використовується показник довгострокової вартості клієнтської бази (*CLV* – customer lifetime value).

Довгострокова вартість клієнта – це сукупність чистого доходу, очікуваного від клієнта в майбутньому. В роботі Бергера і Насра [11] наводиться визначення показника *CLV* як чистого прибутку (збитку) фірми, що розраховується за всіма транзакціями клієнта в даній компанії.

Для розрахунку показника *CLV* використовується наступна базова формула (1):

$$CLV = \sum_{i=1}^t \frac{D_i - Z_i}{(1 + d)^{i-1}} \quad (1)$$

де i – номер періоду, в який здійснюється розрахунок надходжень від клієнтів;

D_i – дохід від клієнта в період i ;

Z_i – загальні витрати на отримання доходу D_i в період i ;

t – загальна кількість періодів протягом життєвого циклу клієнта;

d – ставка дисконтування.

Таким чином, показник цінності клієнта для фірми представляє собою дохід, отриманий від клієнта протягом всього періоду взаємодії клієнта і компанії, за вирахуванням вартості залучення, продажу і обслуговування цього клієнта з урахуванням тимчасової вартості грошей.

Основними перевагами використання методу розрахунку *CLV* для управління клієнтською базою компанії є те, що:

1. Розрахунок *CLV* дозволяє компаніям створити систему ранжування всіх клієнтів залежно від їх цінності для компанії. Це, в свою чергу, дозволяє виділяти більше маркетингових засобів і часу на обслуговування та збереження найцінніших з них. Наприклад, якщо керівництво має намір провести кампанію по утриманню клієнтів, то йому необхідно мати уявлення про їх цінність. Як правило, більшу частину доходів тій чи іншій організації забезпечує відносно невелика кількість клієнтів (близько 20 % всієї клієнтської бази). Вони є для компанії найціннішими, і, отже, саме на цю групу клієнтів необхідно зробити акцент у майбутній маркетинговій компанії для отримання максимальної ефективності.

2. Аналіз показника *CLV* дозволяє співставити прибуток, який приносить клієнт компанії, і ті сили і засоби, які були витрачені на пошук і утримання цього клієнта. Іншими словами, це дозволяє оцінити максимальну планку витрат для залучення і утримання цих клієнтів. Таким чином, показник *CLV* дозволяє надати об'єктивну оцінку ефективності управління клієнтської бази компанії, чисельно вимірну і порівнянну між собою в часі і в сукупності з іншими компаніями, як того ж сегмента економіки, так і різних галузей.

Один з підходів до управління клієнтською базою компанії спирається на побудову регресійних моделей для оцінки майбутніх доходів від клієнтів.

Крім того, у роботі розглянута група стохастичних моделей управління клієнтською базою (NBD та її модифікації), які в першу чергу, орієнтовані на вирішення завдання визначення активних/неактивних клієнтів, тобто на визначення ймовірності того, що клієнт активний і зробить покупку в наступний період часу з урахуванням історії його транзакцій в минулому. В якості критерію оптимального управління клієнтською базою виступає розподіл фінансових ресурсів компанії в залежності від ймовірності скоєння клієнтом покупки в наступний період часу. У разі якщо клієнт неактивний, тобто ймовірність того, що він зробить покупку невелика, то є сенс витратити фінансові ресурси на взаємодію з цим клієнтом з метою його повернення і утримання.

Основні припущення NBD-моделі (англ. Negative Binomial Distribution) полягають в наступному:

- клієнт здійснює покупки в довільний момент часу, тобто випадково в межах середньої частоти здійснення транзакцій (стаціонарного значення). Даний процес може бути описаний з допомогою розподілу Пуассона;

- частота здійснення транзакцій у кожного клієнта своя і може бути описана за допомогою Гамма-розподілу.

Даний підхід був модифікований з ціллю виявити активних/неактивних клієнтів. Тобто клієнтів, які з високою часткою ймовірності можуть зробити покупку в наступний період часу, і тих, хто припинив з тих чи інших причин свою співпрацю з компанією.

Основне припущення моделі: в випадковий період часу клієнт може перестати здійснювати покупки і стає неактивним. Причин цьому може бути багато: від зміни смакових переваг, фінансової неспроможності та зміни географічного розташування до фізичної смерті клієнта. Тобто відносини клієнта з фірмою складається з двох фаз: клієнт активний («живий») протягом невизначеного часу, а потім переходить в стан «постійно неактивний». Купівельна поведінка клієнта в активний період може бути описано за допомогою NBD-моделі. Період часу, після якого клієнт переходить в неактивний стан, характеризується як випадкова складова за допомогою експоненціального розподілу, а неоднорідність моментів відтоку різних клієнтів характеризується гамма-розподілом.

Порівняльна характеристика підходів. Узагальнені результати проведеного аналізу існуючих підходів до управління клієнтською базою компанії і схема існуючих напрямків дослідження завдання управління клієнтською базою і підходів до її вирішення наведені на рис. 1.

Результати порівняльного аналізу двох підходів по таким показниками, як ефективність використання, складність розрахунку та практика застосування в компаніях наведені у табл. 1.

Так, в частині ефективності використання для вирішення поставлених завдань показник лояльності клієнта має слабші показники в порівнянні з показником CLV за рахунок того, що він не враховує витрати компанії на управління клієнтською базою і не має єдиної методики оцінки.

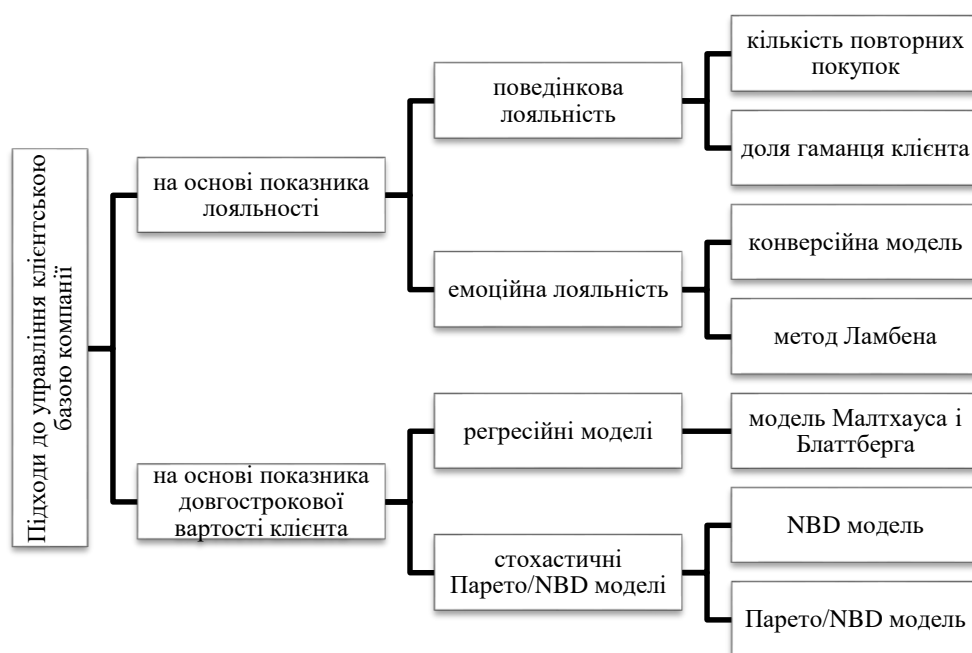


Рисунок 1. Схема існуючих напрямків дослідження задач управління клієнтською базою

Джерело: розроблено авторами на основі [6-10].

Таблиця 1

**ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДВОХ ПІДХОДІВ
ДО УПРАВЛІННЯ БАЗОЮ КЛІЄНТІВ**

Характеристика	Показник лояльності	Показник <i>CLV</i>
Ефективність використання	Середня (не відображає витрати на управління клієнтською базою)	Висока (не відображає якісну сторону управління клієнтською базою)
Складність реалізації	Низька	Висока (потребує прогнозування грошового потоку клієнтів)
Практика застосування	Часто	Рідко

Джерело: складено авторами.

При цьому за складністю розрахунку показник довгострокової вартості клієнта вимагає більш значних обчислювальних витрат, так як необхідне

прогнозування грошового потоку від клієнтів і детальний облік витрат на обслуговування клієнта. Показник лояльності заснований на оцінці минулого поведінки.

За рахунок останнього показника – простота розрахунку, по частоті використання в компаніях моделі управління клієнтською базою на основі показника лояльності випереджають моделі на основі показника довгостроковій вартості клієнтською базою.

Але необхідно відзначити, що без введення додаткового параметра, що характеризує співвідношення витрат на клієнта і його реального доходу, може виникнути ситуація, при якій витрати на утримання та подальше збільшення лояльності клієнта перевищать сукупний дохід від цього клієнта. Таким чином, для вирішення завдань компанії щодо максимізації прибутку від клієнтської бази при скороченні витрат на маркетингові заходи найбільш ефективними є моделі, що використовують значення показника CLV в якості критерію оптимальності.

Моделі на основі показника лояльності зможуть відобразити тільки якісні характеристики клієнтської бази, тому їх доцільно застосовувати як додатковий критерій для прийняття управлінських рішень.

Результати порівняння моделей управління клієнтською базою компанії на основі показника довгостроковій вартості клієнта за такими параметрами як складність розрахунку, точність прогнозування, чутливість до вихідних даних і гнучкість настройки параметрів моделі наведені в табл. 2.

Таблиця 2

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДХОДІВ ДО УПРАВЛІННЯ КЛІЄНТСЬКОЮ БАЗОЮ НА ОСНОВІ ПОКАЗНИКА CLV

Характеристика	Регресійна модель	NBD-модель
Складність розрахунку	Середня	Висока
Точність прогнозування	Середня	Висока
Чутливість до даних	Висока	Висока
Гнучкість	Середня	Низька

Джерело: складено авторами.

За параметром складності розрахунку менших обчислювальних витрат потребує регресійна модель, ніж Парето/NBD-моделі. При цьому найбільшою точністю прогнозування володіють Парето/NBD-моделі, і менш точні показники на довгостроковому інтервалі часу у регресійних моделях. Низькі показники точності регресійних моделей пояснюються також високою чутливістю до вихідних даних. Парето/NBD- моделі також вимогливі до якості вхідної інформації.

За параметром гнучкості і часу адаптації для використання в компанії більшу перевагу отримують регресійні моделі, а імовірнісні Парето/NBD моделі є менш гнучкими і більш вимогливими до впровадження.

Зважаючи на всі переваги та недоліки, описані вище, для реалізації поставленої у роботі задачі була обрана стохастична Парето/NBD модель та підхід управління клієнтською базою компанії на основі показника CLV. Основні припущення:

Припущення 1. Прогнозування цінності клієнта за допомогою стохастичних Pareto/NBD та Gamma-Gamma моделей.

Припущення 2. За допомогою стохастичних Pareto/NBD та Gamma-Gamma моделей розрахунок ймовірність повторної покупки клієнта і таким чином виявити відтік з високою ймовірністю для подальших маркетингових заходів з метою його повернення і утримання.

Критерій оптимального управління клієнтською базою – максимізація показника довгострокової цінності (CLV) клієнтської бази компанії за інтервал часу T .

Інструментами управління клієнтської бази є маркетингові заходи, які спрямовані на стимулювання попиту груп клієнтів з метою збільшення їх прибутковості на довгостроковому інтервалі часу.

Парето/NBD модель базується на 5 припущеннях [13]:

1. Кількість транзакцій клієнта за період t описується розподілом Пуассона з параметром транзакцій λ (рис. 2). Це еквівалентно припущенню, що час між транзакціями розподіляється експоненційно зі швидкістю транзакції λ , тобто

$$f(t_j / t_{j-1}; \lambda) = \lambda e^{-\lambda(t_j - t_{j-1})},$$

$$t_j > t_{j-1} \geq 0 \quad (2)$$

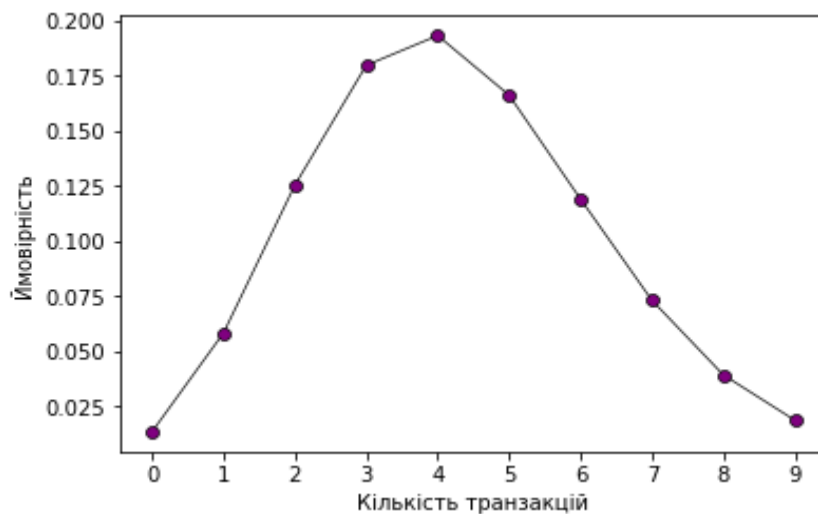


Рисунок 2. Візуалізація розподілу Пуассона з параметром $\lambda = 4,3$

Джерело: побудовано авторами.

Тут ми маємо припустити, що наш випадковий клієнт має швидкість транзакцій $\lambda=4,3$. Тоді ймовірність здійснення 4 покупок у випадковому 12-місячному періоді становить 19 %, 4 % – ймовірність, що буде здійснено 8 покупок, і т.д.

2. Гетерогенність λ описується Гамма розподілом з параметрами r (форма) і α (масштаб) (рис. 3):

$$f(\lambda/r, \alpha) = \frac{a^r \lambda^{r-1} e^{-\lambda\alpha}}{\Gamma(r)}, \quad (3)$$

$$\lambda > 0$$

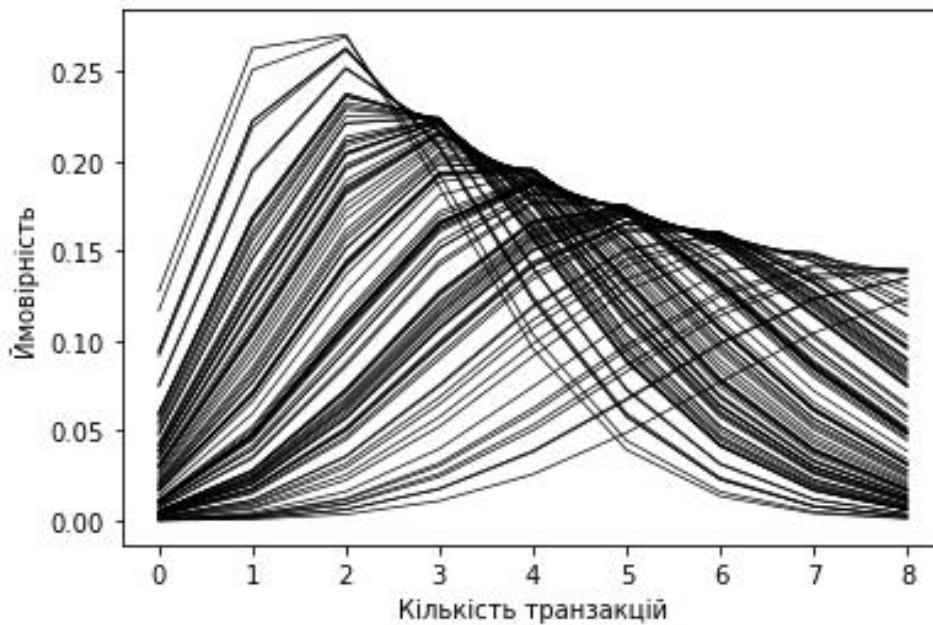


Рисунок 3. Візуалізація розподілу Пуассона для 100 клієнтів, де λ кожного клієнта залежить від гамма-розподілу з $r = 9$ і $\alpha = 0.5$

Джерело: побудовано авторами.

Як вказано у припущеннях, кожен клієнт має власну ймовірність покупок x раз за даний інтервал часу.

1. Клієнт може стати неактивним після будь-якої транзакції з ймовірністю P , і точка їх відтоку розподілена між покупками по геометричному закону (рис.4):

$$P(\text{відтік після } j \text{ транзакції}) = p(1 - p)^{j-1}, \\ j = 1, 2, 3, \dots$$

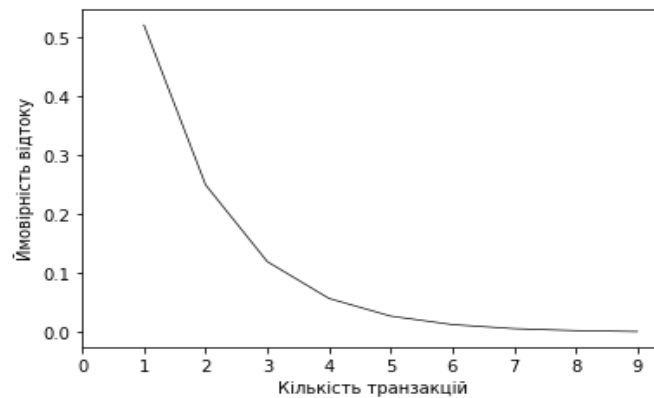


Рисунок 4. Візуалізація геометричного розподілу при $p = 0.52$

Джерело: складено авторами.

Якщо припустити, що наш клієнт стає неактивним із ймовірністю $p=0,52$, то ймовірність того, що він стане неактивним після 2-ої транзакції, становить 25 %, ймовірність того, що він стане неактивним після 3-ї транзакції, складає 12 %. Отже, чим більше клієнт купує, тим вище його ймовірність бути живим.

2. Гетерогенність P має Бета розподіл з параметрами форми α і β (рис. 5):

$$f(p/a,b) = \frac{p^{a-1}(1-p)^{b-1}}{B(a,b)}, \quad (4)$$

$$0 \leq p \leq 1$$

де $B(a,b)$ – бета функція, яка може бути виражена через гамма функції:

$$B(a,b) = \Gamma(a)\Gamma(b)/\Gamma(a+b)$$

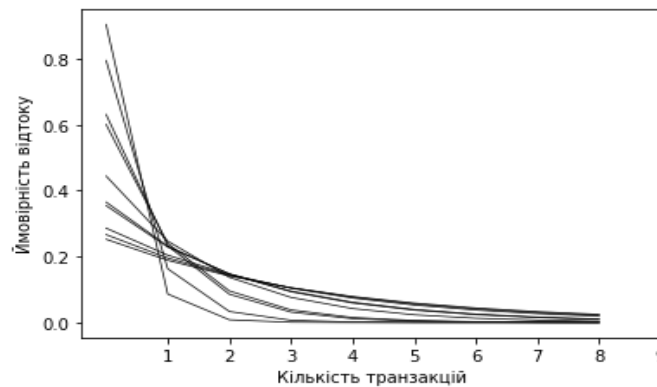


Рисунок 5. Візуалізація геометричного розподілу, де p – бета розподіл з параметрами $a = 2$ і $b = 3$

Джерело: побудовано авторами.

3. Швидкість транзакції λ і ймовірність відтоку p відрізняються залежно від клієнта.

Постановка моделі на рівні індивідуального клієнта.

Припустимо, що клієнт здійснив x транзакцій за період $(0, T]$, транзакції позначимо, як t_1, t_2, \dots, t_x (рис. 6).



Рисунок 6. Візуалізація x транзакцій клієнта за період $(0, T]$

Джерело: складено авторами.

Тоді функція правдоподібності індивідуального рівня виводиться наступним чином:

— ймовірність того, що перша транзакція відбулася в t_1 – це стандартна експоненціальна компонента, що дорівнює $\lambda e^{-\lambda t_1}$

— ймовірність того, що друга транзакція відбулася в t_2 – це ймовірність, що клієнт залишився активним після t_1 , що дорівнює $(1 - p)\lambda e^{-\lambda(t_2 - t_1)}$

— ймовірність того, що транзакція x відбулася в t_x – це ймовірність, що клієнт залишився активним після t_{x-1} , що дорівнює $(1 - p)\lambda e^{-\lambda(t_x - t_{x-1})}$

— ймовірність того, що спостерігатимемо 0 покупок в період $(t_x, T]$ дорівнює сумі ймовірностей того, що клієнт стане неактивним в t_x і ймовірності того, що він залишився активним, але не зробив покупок у цьому інтервалі: $p + (1 - p)\lambda e^{-\lambda(T - t_x)}$

Отже функція правдоподібності описується формулою (5):

$$\begin{aligned} L(\lambda, p | t_1, t_2, \dots, t_x, T) &= \lambda e^{-\lambda t_1} (1 - p)\lambda e^{-\lambda(t_2 - t_1)} \dots \times \\ &\times (1 - p)\lambda e^{-\lambda(t_x - t_{x-1})} \{ p + (1 - p)\lambda e^{-\lambda(T - t_x)} \} = \\ &= p(1 - p)^{x-1} \lambda^x e^{-\lambda t_x} (1 - p)^x \lambda^x e^{-\lambda T} \end{aligned} \quad (5)$$

Як зазначалося раніше, для моделі Парето/NBD не потрібна інформація про терміни проведення x транзакцій, достатньо підсумку на основі історії покупок клієнта ($X = x, t_x, T$).

Ми припускаємо, що всі споживачі активні на початку періоду спостереження; отже, функція правдоподібності для клієнта, який робить 0 покупок в інтервалі $(0, T]$ має вигляд (6):

$$L(\lambda, p | X = 0, T) = e^{-\lambda T} \quad (6)$$

Тому можемо переписати функцію правдоподібності як (7):

$$L(\lambda, p | X = x, T) = (1 - p)^x \lambda^x e^{-\lambda T} + \delta_{x>0} p(1 - p)^{x-1} \lambda^x e^{-\lambda t_x} \quad (7)$$

де $\delta_{x>0} = 1$ якщо $x > 0$, в іншому випадку 0.

Нехай випадкова величина $X(t)$ позначає кількість транзакцій, що відбуваються за певний період часу t (з початком 0).

Для того щоб отримати формулу для розрахунку $P(X(t) = x)$, необхідно врахувати фундаментальну залежність між часом між транзакціями та кількістю транзакцій:

$X(t) \geq x \leftrightarrow T_x \leq t$, де T_x випадкова величина, що позначає час транзакції x .

Тоді формулу для розрахунку $P(X(t) = x)$ матиме вигляд (8):

$$P(X(t) = x) = P(\text{активний}_{\text{нісляпокупок}_x}) \times P(T_x \leq t, T_{x+1} > t) + \delta_{x>0} \times P(\text{неактивний}_{\text{нісляпокупок}_x}) \times P(T_x \leq t) \quad (8)$$

Враховуючи, що час між транзакціями описується експоненціальним розподілом, $P(T_x \leq t \text{ і } T_{x+1} > t)$ Пуассоновська ймовірність того, що $X(t) = x$, і $P(T_x \leq t)$ – розподіл Erlang- x , отримуємо (9):

$$P(X(t) = x / \lambda, p) = (1-p)^x \frac{(\lambda t)^x e^{-\lambda t}}{x!} + \delta_{x>0} p (1-p)^{x-1} \left[1 - e^{-\lambda t} \sum_{j=0}^{x-1} \frac{(\lambda t)^j}{j!} \right] \quad (9)$$

Перейдемо до виведення формули $E[X(t)]$ для розрахунку очікуваної кількості покупок за період часу t . Так як кількість транзакцій клієнта описується Пуассоновським випадковим розподілом, то $E[X(t)] = \lambda t$, якщо клієнт активний в t . Для клієнтів, які стають неактивними в $\tau < t$, очікувана кількість транзакцій за період $(0, \tau]$ дорівнює $\lambda \tau$.

Але ймовірність, що клієнт стає неактивним в τ , спираючись на λ та p , представлена у наступному вигляді (10):

$$P(\tau > t) = P(\text{активний}_{\text{в } t} / \lambda, p) = \sum_{j=0}^{\infty} (1-p)^j \sum_{j=0}^{x-1} \frac{(\lambda t)^{-\lambda t}}{j!} = e^{-\lambda p t} \quad (10)$$

Це означає, що щільність часу, коли клієнт відтікає, виражається як $g(\tau / \lambda, p) = \lambda p e^{-\lambda p t}$

Отже, очікувана кількість транзакцій за період довжини t розраховується за формулою (11):

$$E(X(t) / \lambda, p) = \lambda t \times P(\tau > t) + \int_0^t \lambda \tau g(\tau / \lambda, p) d\tau = \frac{1}{p} - \frac{1}{p} e^{-\lambda p t} \quad (11)$$

Постановка моделі для випадково обраного індивіда

Усі розроблені вище вирази залежать від швидкості транзакції λ та ймовірності відсіву p , обидва з яких не очевидні. Щоб вивести еквівалентні вирази для випадково необхідно перетворити функцію правдоподібності та сформулювати вираження ймовірності та очікуваної кількості наступним чином:

Виразивши очікування (3) через розподіл λ та p перетворимо функцію правдоподібності для випадково обраного індивіда з історією транзакцій ($X(t) = x, t_x, T$), отримаємо (12):

$$L(r, \alpha, a, b | X = x, t_x, T) = \frac{B(a, b+x)}{B(a, b)} \frac{\Gamma(r+x)\alpha^r}{\Gamma(r)(\alpha+T)^{r+x}} + \\ + \delta_{x>0} \frac{B(a+1, b+x-1)}{B(a, b)} \frac{\Gamma(r+x)\alpha^r}{\Gamma(r)(\alpha+T)^{r+x}} \quad (12)$$

Параметри (r, α, a, b) можуть бути оцінені за допомогою методу максимальної правдоподібності наступним чином. Припустимо, маємо набір з N клієнтів, де клієнт i має $X_i = x_i$ транзакцій за період $(0, T_i]$ з останньою транзакцією, яка відбулася в t_{x_i} . Функція правдоподібності матиме вигляд (13):

$$LL(r, \alpha, a, b) = \sum_{i=1}^N \ln [L(r, \alpha, a, b | X_i = x_i, t_{x_i}, T_i)] \quad (13)$$

Дана функція максимізується стандартними процедурами числової оптимізації.

Виразивши очікування (10) через розподіл λ та p ймовірність здійснення x покупок в часовому періоді t матиме вигляд:

$$P(X(t) = x | r, \alpha, a, b) = \frac{a+b-1}{a-1} \left[1 - \left(\frac{\alpha}{\alpha+t} \right)^r {}_2F_1\left(r, b; a+b-a; \frac{t}{\alpha+t}\right) \right] \quad (14)$$

де ${}_2F_1()$ — гіпергеометрична функція Гауса.

Тоді функція очікуваної кількості транзакцій матиме вигляд (15):

$$E(Y(t) | X = x, t_x, T, r, \alpha, a, b) = \\ \frac{\frac{a+b+x-1}{a-1} \left[1 - \left(\frac{\alpha+T}{\alpha+T+t} \right)^{r+x} {}_2F_1\left(r+x, b+x; a+b+x-1; \frac{t}{\alpha+T+t}\right) \right]}{1 + \delta_{x>0} \frac{a}{b+x-1} \left(\frac{\alpha+T}{\alpha+t_x} \right)^{r+x}} \quad (15)$$

Гамма-гамма модель для оцінки CLV. До цього моменту, ми використовували тільки частоту і давність покупок клієнта. Але на додаток до цього, ми можемо застосувати грошову складову його транзакцій. Гамма-гамма модель допомагає передбачити найбільш ймовірну цінність транзакції в майбутньому.

Підсумовуючи все, маємо всі елементи, щоб визначити LTV клієнта:

$$CLV = \text{Очікувана кількість транзакцій} \times \text{Цінність транзакції}$$

Модель базується на таких загальних припущеннях [14]:

- грошова вартість транзакції клієнта випадкова і знаходиться в межах його середньої вартості транзакції;
- середня вартість транзакції варіюється серед клієнтів, але не варіюється з часом в межах одного клієнта;
- середня цінність транзакції має Гамма розподіл серед клієнтів.

Припустимо, що клієнт здійснив x транзакцій, грошова цінність яких z_1, z_2, \dots, z_x . Тоді середня цінність транзакцій матиме вигляд: $\bar{z} = \sum_{i=1}^x (z_i/x)$. Тоді очікувана грошова вартість клієнта виражається формулою (16):

$$E(M / p, q, y, m_x, x) = \frac{(y + m_x x)p}{px + q - 1} = \left(\frac{q - 1}{px + q - 1} \right) \frac{yp}{q - 1} + \left(\frac{px}{px + q - 1} \right) m_x \quad (16)$$

де p та q – параметри форми, y – параметр масштабу гамма розподілу для транзакцій z_i ,

Як і раніше, ми можемо використовувати метод максимуму правдоподібності, щоб знайти параметри моделі.

Для апробації теоретичних результатів роботи була розроблена динамічна модель управління клієнтською базою для компанії. Модель була реалізована засобами програмування мовою Python з використанням вбудованих бібліотек на прикладі тестового транзакційного набору даних інтернет магазину з вільного доступу мережі Інтернет [15]. Результати і оцінка точності моделі зображена на рис. 7 та на рис. 8.

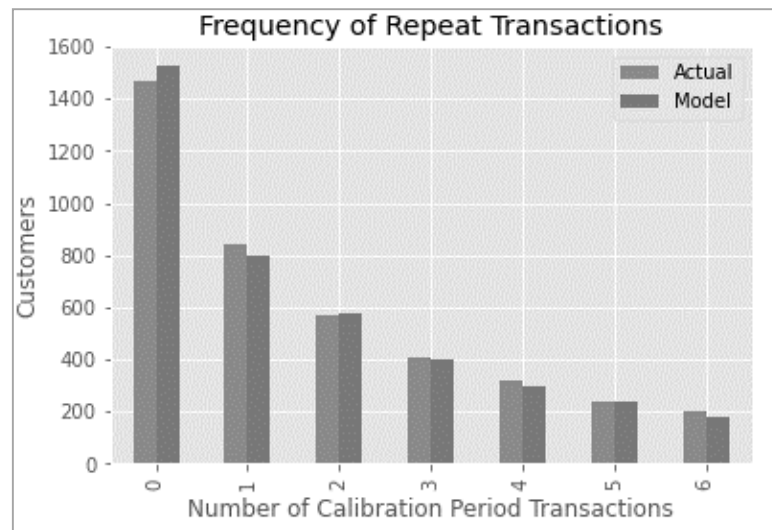


Рисунок 7. Порівняння кількості прогнозних повторних транзакцій та фактичних

Джерело: побудовано авторами.

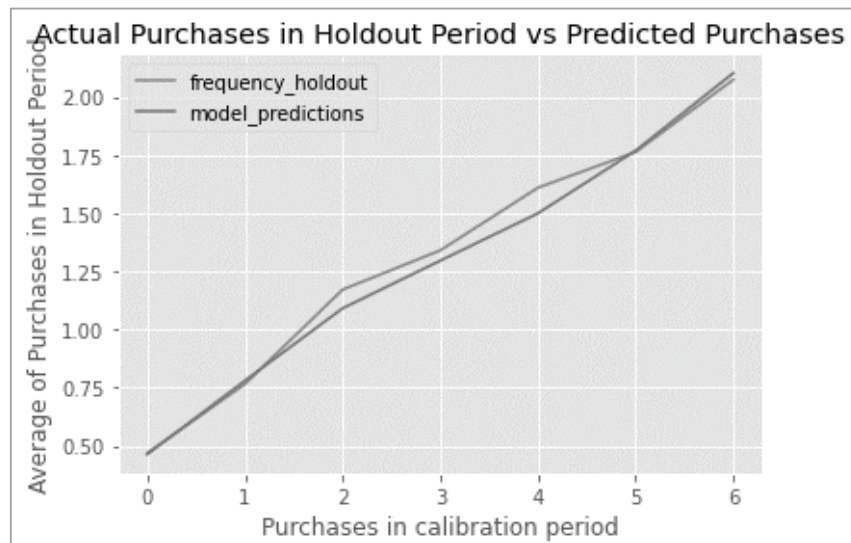


Рисунок 8. Порівняння кількості транзакцій в тренувальному та тестовому періодах

Джерело: побудовано авторами.

Адекватність моделі була оцінена шляхом розрахунку таких основних видів помилки:

- Mean Squared Error (Середньоквадратична похибка) = 85,69;
- R2 Score (Коефіцієнт детермінації) = 0,99.

Отже, моделювання купівельної поведінки клієнтів за допомогою стохастичної моделі Pareto/NBD є досить точним, але присутня незначна похибка в прогнозуванні від 2 до 5 покупок клієнтів, що яскраво виражено на рис. 8.

Висновки. У ході дослідження доведено важливість переходу підприємств до клієнтоорієнтованого ведення бізнесу. За рахунок цього з'являються можливості для збільшення прибутку і ефективності, підвищення прибутковості за рахунок збільшення виручки від існуючої клієнтської бази та оптимізації операційних витрат. Особливо важливим даний підхід є для компаній в Україні в нинішніх складних умовах воєнної кризи. Швидке реагування на поведінку клієнтів і оптимізація затрат – ключ до поліпшення економічного стану підприємств.

З метою пошуку рішення і побудови моделі було досліджено теоретичні аспекти аналізу та управління клієнтською базою підприємства. Розглядалися два підходи: 1) на основі показника лояльності клієнта; 2) на основі показника довготривалої вартості клієнта.

Підводячи підсумок аналізу напрямку до розробки показників ефективного управління клієнтською базою компанії на основі показника лояльності, можна відзначити, що в даний час немає єдиної думки про можливість і об'єктивність виміру рівня лояльності клієнтів.

Слід зазначити, що моделі управління клієнтською базою на основі показника лояльності досить прості і інтуїтивно зрозумілі, але носять скоріше експертний, ніж об'єктивний характер. Іншими словами, область застосування даних оцінок – аналіз поточного стану клієнтської бази. Дані показники не дозволяють прогнозувати стан клієнтської бази на майбутньому інтервалі часу, тому не можуть бути використані для розробки довгострокової стратегії підприємства.

Крім того, дані моделі не враховують витрати компанії на залучення і обслуговування клієнтів, що обмежує можливості компанії при виборі оптимального розподілу фінансових ресурсів на управління клієнтами. Тому компанії, які при розробці стратегії управління клієнтами ґрунтуються тільки на підвищенні рівня лояльності та задоволеності споживачів, можуть виявитися заручниками своєї лояльності: з одного боку, максимальний рівень задоволеності клієнтів і високі оцінки за якістю обслуговування, з іншого, низькі показники прибутковості і рентабельності вкладених коштів.

Доведено, що для подолання обмежень моделей управління клієнтською базою компанії, заснованих на показнику лояльності клієнтів, розглянутих вище, доцільно використовувати методи на основі довготривалої вартості клієнтів.

Розроблено методичний підхід і інструментарій прогнозування клієнтської поведінки для максимально ефективного стимулювання попиту та клієнтоорієнтованості підприємства на основі підходу оцінки CLV клієнта.

За допомогою стохастичних Pareto/NBD та Gamma-Gamma моделей був здійснений прогноз майбутньої кількості та цінності покупок клієнтів компанії, був ідентифікований ймовірний відтік клієнтів.

Дана модель є чутливою до вхідних даних. Розподіл всіх вхідних показників має відповідати теоретичним припущенням моделі, що не завжди так в реальності. А у випадку невідповідності значно зростає похибка моделі.

У результаті моделювання поведінки клієнтів тестового набору даних було виявлено клієнтів з низькою ймовірністю повторної покупки протягом наступних 30 днів, ця група була ідентифікована як «відтік». На основі цього висунуто рекомендації по цільовій маркетинговій взаємодії з цією групою, наприклад, надання підвищеної знижки з метою спровокувати повернення клієнта до компанії.

Література

1. Черкашин П.А. Готовы ли вы к войне за клиента? Стратегия управления взаимоотношениями с клиентами. М.: ИНТУИТ.ру, 2004. 384 с.
2. Мейер М. В. Оценка эффективности бизнеса. Что будет после Balance Scorecard? М.: ООО "Вершина", 2004. 272 с.
3. Пепперс Д., Роджерс М. Управление отношениями с клиентами. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2006. 336с.
4. Сьюэлл К., Браун П. Клиенты на всю жизнь. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2007. 240 с.
5. Фред Райхельд. Prescription for cutting costs. 2001. Режим доступу: https://media.bain.com/Images/BB_Prescription_cutting_costs.pdf (дата звернення 12.05.2022).

6. Ламбен, Ж.-Ж. Стратегический маркетинг. Европейская перспектива. СПб: Наука, 1996, 590 с.
7. Reichheld F. *The Loyalty Effect: The Hidden Force Behind Growth, Profits, and Lasting Value*. MA: Harvard Business School Press, 1996. 336 s.
8. Aaker D. A. *Managing Brand Equity*. The Free Press, 2009. 490 s.
9. Hofmeyr J., Rice B. *Commitment-Led Marketing*. John Wiley and Sons, 2001. 320 s.
10. Enis B.M., Gordon W.P. Store Loyalty as a Basis for Market Segmentation. *Journal of Retailing*. 1970. Vol. 46 (3). PP. 42-56.
11. Berger P. D., Nasr N. L. Customer Lifetime Value: Marketing Models and Applications. *Journal Of Interactive Marketing*. 1998. Vol. 12 (1). PP. 17-30.
12. Fader Peter S., Hardie Bruce G. S., Lee Ka Lok. "Counting Your Customers" the Easy Way: An Alternative to the Pareto/NBD Model. *Marketing Science*. 2005. Vol. 24(2). PP. 275-284. DOI: 10.1287/mksc.1040.0098
13. Fader, Peter S., and Hardie, Bruce G. S. The Gamma-Gamma Model of Monetary Value. (2013). URL: http://www.brucehardie.com/notes/025/gamma_gamma.pdf (дата звернення 10.05.2022).
14. Chen Daqing. Online Retail II Datta Set. URL: <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Online+Retail+II> (дата звернення 10.05.2022).

References

1. Cherkashyn, P. A. *Gotovy vy k voine za kliyenta? Strategiya upravleniya vzaimootnosheniyami s kliyentami*. [Are you ready for a customer war? Customer relationship management strategy]. Moscow: YNTUYT.ru, 2004. [in Russian].
2. Meyer, M. W. *Otsenka effektivnosti biznesa. Chto budet posle Balance Scorecard?* [Rethinking Performance Measurement. Beyond the Balance Scorecard]. Moscow: OOO "Vershyna", 2004. [in Russian].
3. Peppers, D., and Rodzhers, M. *Upravleniye otnosheniyami s kliventami*. [Customer relationship management]. Moscow: Mann, Yvanov i Ferber, 2006. [in Russian].
4. Siuell, K., and Braun, P. *Kliyenty na vsiu zhyzn*. [Clients for life]. Moscow: Mann, Yvanov i Ferber, 2007. [in Russian].
5. Raikheld, Fred. Prescription for cutting costs. (2001). https://media.bain.com/Images/BB_Prescription_cutting_costs.pdf (accessed 12.05.2022).
6. Lamben, Zh.-Zh. *Strategicheskiy marketing. Yevropeiskaya perspektiva*. [Strategic Marketing. European perspective]. St. Petersburg: Nauka, 1996. [in Russian].
7. Reichheld, F. *The Loyalty Effect: The Hidden Force Behind Growth, Profits, and Lasting Value*. MA: Harvard Business School Press, 1996.
8. Aaker, D. A. *Managing Brand Equity*. The Free Press, 2009.
9. Hofmeyr, J., and Rice, B. *Commitment-Led Marketing*. John Wiley and Sons, 2001.
10. Enis, B. M., and Paul, G.W. "Store Loyalty as a Basis for Market Segmentation". *Journal of Retailing* 46, no. 3 (1970): 42-56.
11. Berger, P. D., and Nasr, N. L. "Customer Lifetime Value: Marketing Models and Applications". *Journal of Interactive Marketing* 12, no. 1 (1998): 17-30.
12. Fader, Peter S., Hardie, Bruce G. S., and Lee, Ka Lok. "Counting Your Customers' the Easy Way: An Alternative to the Pareto/NBD Model". *Marketing Science* 24, no. 2 (2005): 275-284. <https://doi.org/10.1287/mksc.1040.0098>
13. Fader, Peter S., and Hardie, Bruce G. S. The Gamma-Gamma Model of Monetary Value. (2013). http://www.brucehardie.com/notes/025/gamma_gamma.pdf (accessed 10.05.2022).
14. Chen Daqing. Online Retail II Datta Set. URL: <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Online+Retail+II> (accessed 10.05.2022).

ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODEL OF ENTERPRISE CLIENT BASE MANAGEMENT

Vladyslav O. Harkavenko,

graduate student,
Department of Economic Cybernetics,
National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute” (Ukraine)
ORCID 0000-0003-0508-594X

Olena V. Stets

PhD in Physics and Mathematical Sciences,
Associate Professor, Senior Lecturer,
Department of Economic Cybernetics,
National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute” (Ukraine)
ORCID 0000-0001-5514-3533

Abstract. Despite a fairly wide range of developed models for customer base management, the practice of implementing full-fledged customer base management models of the company is quite small. This is primarily due to the complexity and high cost of implementing a comprehensive model of managing the company's customer base.

The problem also lies in the limitations of the models themselves. Typically, the need to manage their company's customer base arises in companies with a customer base of several thousand to millions of customers. In this case, the implementation of methods and approaches aimed at managing one client is not rational, and you need models adapted to work with groups of clients.

An important limitation in existing research are the parameters of clustering the client base. Most authors suggest that the number of purchases and the age of the last purchase by the customer be considered as a criterion for division into groups of customers. This does not take into account such parameters of customer purchasing behavior as the amount of purchases, the value of the customer to the company and the time of interaction between the customer and the company.

Another important criterion for the company when choosing a model of customer cluster management is the ability to dynamically manage customer clusters. Recently, the number of studies aimed at dynamic forecasting of the customer base has increased, but a comprehensive solution that takes into account the dynamics of changes in all indicators of long-term customer base (revenue from customer segments and customer base) has not been presented.

This paper investigates the theoretical aspects of analysis and management of the customer base of the enterprise. A methodological approach and tools for predicting customer behavior for the most effective stimulation of demand and customer orientation of the enterprise based on the approach of customer CLV assessment have been developed.

With the help of stochastic models Pareto / NBD and Gamma-Gamma, a forecast was made of the future number and value of purchases of the company's customers and the probable outflow of customers was determined.

Keywords: customer focus; CRM; vital value; customer base; customer engagement and retention; Pareto / NBD modeling; Gamma-Gamma modeling.

Стаття надійшла до редакції 20.05.2022