



УДК 519.8

ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНОЇ МАСИ ПОШИРЕННЯ МЕРЕЖНИХ ПРОДУКТІВ



В.М. Горбачук,
канд. фіз.-мат. наук

Постановка проблеми – пошук критичної маси процесів технологічної дифузії. Для отримання теоретично обґрунтованих емпіричних висновків щодо цієї проблеми потрібно підібрати певну модель.

Дослідження виявляють, що модель попиту з ефектами встановленої бази (наявна кількість споживачів мережного продукту) дає змогу обґрунтовано знаходити і вимірювати критичну масу як функцію цієї бази й ціни [1]. Модель побудована на основі ринкових даних, показує, що ефекти встановленої бази не є достатніми для генерації явища критичної маси, за винятком періоду входження технології в ринок [2].

У 1996–2001 рр. були знайдені помітні мережні ефекти на ринку мобільних телефонів Польщі, а також доведено, що нехтування цими ефектами призводить до завищеної оцінки еластичності попиту [3]. У 2007–2012 рр. при побудові квартальних часових рядів динаміки рівня проникнення інтернет-послуг для України, Польщі, Словаччини, Туреччини, Угорщини було ідентифіковано періоди входження в ринок смартфонів [4].

Нерозв'язану частину проблеми становить емпірична перевірка теоретичних моделей входження в ринок нових продуктів, створених на основі використання стільникового

зв'язку [1], інтернету [4], нанотехнологій [5], нейромереж [6].

Графік успішного розповсюдження нових технологій і інновацій (вимірюваного по осі ординат) у часі (по осі абсцис) переважно має S-форму. Тому досліджувалася точка перегину кривої технологічної дифузії, в якій дифузія уповільнюється після періоду швидкого наростання. Не менш важлива точка цієї кривої, починаючи з якої технологія проникає на масовий ринок. Явище критичної маси також називають продуктовим зльотом, катастрофою, вираженою рівновагою.

Мета роботи – вивести умови існування критичної маси, які дають змогу знаходити її емпірично для світового ринку нового продукту.

Основні результати дослідження виходять з визначення критичної маси як точки, починаючи з якої дифузія стає самопідтримуваною. Таке визначення якісно відрізняється від визначення, прийнятого для більшості звичайних процесів технологічної дифузії, які враховують наявність неоднорідних споживачів, зменшення ціни та/або підвищення якості. Явища критичної маси є наслідком ендеогенного процесу, що швидко розгортається в часі, – скажімо, ефект встановленої бази, який рухає дифузію навіть без зменшення ціни. Виходячи зі зв'язку між технологічною дифузиею й ефектами встановленої бази [3], дослідження з пошуку множинних стійких рівноваг, розділених нестійкою, характеризують критичну масу як перехід від однієї рівноваги до іншої.

На базі моделі [7] можна розробити просту структурну модель попиту на товар нетривалого користування або послугу з ефектами встановленої бази. Використовуючи логіку множинних рівноваг і ендогенну дифузію, можна довести, що критична маса (у процесі самопідтримуваної дифузії) виникатиме лише тоді, коли задовольняються умови для параметрів, які вимірюють ефекти і розмір встановленої бази, поточну ринкову ціну. Виявляється, що ці три параметри можуть замінювати один одного в разі досягнення критичної маси. Так, за наявності сильніших мережних ефектів критична маса досягається для вищих цін і нижчих установлених баз; для вищої встановленої бази критична маса може продовжувати існувати, коли мережні ефекти слабші, а ціни вищі і т. д. Характеризуючи попит у галузі глобальної стільникової телефонії в 1998–2007 рр., відмічали, що попит на стільникові послуги виявляв явище критичної маси лише в періоди входження технології в ринки. При цьому економіка технологічної дифузії поповнилася двома здобутками.

По-перше, відому модель [7] було приведено в дію і перевірено емпірично, запропонувавши простий і обґрунтований формальний тест для виявлення критичної маси, тобто періодів ендогенної і швидкої дифузії технології. Точка критичної маси залежить від ціни за умови, що на ринку існують достатньо сильні ефекти встановленої бази. Цей підхід доповнює ряд робіт з динаміки прийняття товарів тривалого користування за непрямих мережних ефектів, а також імітаційні моделі з галузевої динаміки і галузевих переходів, бо обчислює умови попиту і силу ефектів встановленої бази на реальних даних, які можуть допомогти калібрувати імітаційні моделі. Не висуваючи надмірних вимог до даних і надаючи лінійне (за параметрами) рівняння дифузії з фіксованими ефектами, розроблена емпірична модель дістає ключові переваги щодо зручності в практичній роботі.

По-друге, для цифрової стільникової те-

лефонії критична маса є радше локальним, ніж загальним явищем. Критичну масу було виявлено лише на ринках, які вводять технологію й раніше прийняли пропозицію послуг 2G. Емпіричні результати свідчать, що критична маса є функцією як установленої бази, так і ціни. При цьому ціна є важливішою для ринків, які вводять нову технологію, а стільникова телефонія запроваджується без будь-якої встановленої бази за середньою ціною 36 центів США за хвилину. Проте критична маса досягається для дещо вищої ціни, коли встановлена база передплатників послуги становить близько 24 % населення. Отже, встановлена база може лише до певної міри замінювати теоретичну ціну ринкового входження.

В емпіричній літературі з нових технологій з ефектами встановленої бази можна виділити дослідження конкуренції і дифузії нової технології. Ефекти встановленої бази характеризують будь-яке явище, яке сприяє збільшенню схильності споживача приймати технологію зі зростанням встановленої бази. Конкуренція пояснює і документує динаміку конкуруючих стандартів, а також явище ринкового переважання (tipping). Дифузія вивчає вплив мережних ефектів на швидкість дифузії або вибір часу прийняття (нової технології), а також набір доповнюючих технологій. Деяка частина цих досліджень доводить існування значних ефектів встановленої бази, що пришвидшують дифузію.

Література, що вивчала критичну масу, розвивалася здебільшого паралельно з роботами щодо ефектів встановленої бази. Частина науковців виводять теоретично-концептуальні засади існування явища критичної маси на деяких ринках. Використовуючи набір якісних індикаторів на ринках інтерактивних засобів масової інформації з властивостями критичної маси, було встановлено, що на таких ринках особливо важливі основоположна виробнича функція і споживча неоднорідність. Комп'ютерне моделювання показує, що швид-

кий (подібний до критичної маси) перехід від старого до нового стандарту може відбуватися, коли споживачі багато експериментують у процесі швидкого поліпшення нової технології. Було встановлено, що рівноважний шлях прийняття нової технології може виявляти «точки катастрофи» лише за достатньо сильних мережних ефектів [7]. Цей результат зберігається для непрямих мережних ефектів на двосторонніх ринках. Зазначена література окреслює обставини (параметри попиту і мережі, технології виробництва, структуру ринку), за яких можуть відбуватися явища, подібні до явища критичної маси, а також описує приклади ринкової динаміки, в яких обставини відповідають критичній масі, але ці результати не перевірялися на економетричній моделі і реальних даних. Перевірка теоретичної моделі дифузії факсів у США виходить з іншого визначення критичної маси. Емпірична робота з критичної маси зосереджується на уточненні відсотка (зазвичай від 10–25 %) ринкового потенціалу як критичної маси, що вважається рівнем проникнення, при якому значно пришвидшується дифузія.

Виходячи з моделі [7], у теоретичній моделі [1] споживачі в будь-який час вирішують, чи варто передплатувати послугу з ефектами встановленої бази залежно від їхнього чистого виграшу. Приклади такої передплати – платіжна система з кредитною картою, електронна пошта, стільникова телефонія, інші види комунікацій. Ефект встановленої бази прихильників нової технології означає, що в разі зростання бази підвищується готовність споживачів платити.

Ефекти встановленої бази походять від мережних ефектів – як прямих (безпосередні дзвінки з мобільного на мобільний, пересилання текстів серед користувачів), так і непрямих (вживання доповнювальних продуктів, наприклад, телефонів-трубок, рингтонів тощо). На підставі агрегованих даних важко розрізнити всі ці ефекти, хоча концептуально й емпірично вони мають подібний результат

– підвищення споживчої готовності платити (або зниження споживчої вартості прийняття).

Припустимо, кожний споживач має попит на послугу, рівний 1, і живе нескінченно. Споживчі переваги виражені функцією готовності платити, аргументи якої – параметр індивідуальної переваги, зсунений розмір мережі у даний час, (часовий) зсув прийняття. Нехай параметр переваги має функцію кумулятивного розподілу, а функція корисності є строго зростаючою і неперервною за цим параметром, на підставі якого згруповують споживачів за готовністю платити. Вважаємо, що ці групи не змінюються зі зсуном у часі розміром мережі.

Включення зсуненого розміру мережі як аргументу функції корисності пояснює мережні ефекти попиту на товар, а зсув прийняття нової технології визначає певну рівновагу і єдиний шлях дифузії для мережі. При нульовому зсуві прийняття існує нескінченна кількість рівноважних шляхів дифузії [7]. При додатному зсуві прийняття споживачі не можуть координувати свої рішення щодо передплати, що визначає єдиний рівноважний шлях дифузії. Споживачі можуть координувати свої рішення, щоб досягати критичної маси. Зсув прийняття реалістичний з емпіричного погляду, бо споживачі мають доступ до раніше опублікованих даних про мережу, а не до поточної інформації про число передплатників. Показано, що в разі зменшення зсуву прийняття споживачі стають раціональними, бо їхні рішення про передплату відтворюють далекоглядні рішення [7]. Емпірично зрозуміла стратегія виявлення критичної маси передбачає зсув прийняття. Однак використання зсуву прийняття відтворює споживчу міопію (короткозорість), якщо втрати від переключення чи довгострокові контракти є зв'язуючими. Тоді майбутні рівні прийняття і ціни можуть впливати на його поточні рішення, але сподівання важко вимірювати емпірично.

Для емпіричного втілення моделі [1] вико-

ристовувалися дані щодо глобального ринку стільникової телефонії за дев'ять років, починаючи з IV кварталу 1998 р. до III кварталу 2007 р., для 36 країн. Ці дані надані Merrill Lynch Global Wireless Matrix, починаючи з першого цифрового покоління (2G). Раніше досліджувався ринок таких країн: Австралія, Австрія, Бельгія, Бразилія, Великобританія, Гонконг, Греція, Данія, Ізраїль, Ірландія, Іспанія, Італія, Канада, Китай, Корея, Малайзія, Мексика, Нідерланди, Німеччина, Нова Зеландія, Норвегія, Південна Африка, Португалія, Сінгапур, США, Таїланд, Фінляндія, Франція, Чехія, Швейцарія, Швеція, Японія, а також Польща, Російська Федерація, Туреччина, Угорщина. У 1998–2007 рр. загальний рівень проникнення на ринку стільникових телефонів зріс від 6 % до понад 50 %. Оскільки вважаємо критичну масу функцією ціни і встановленої бази, то адекватне пояснення критичної маси потребує достатньо тривалого періоду спостережень ціни і дифузії кожної країни, а квартальні дані дають змогу мати число степенів вільності, необхідне для перевірки робастності результатів відносно специфікації зсуву прийняття, не спостережуваного емпірично.

У будь-який час споживач вирішує, чи передплачувати послугу, розглядаючи свою чисту корисність від приєднання до мережі, враховуючи ринкову ціну послуги. Якщо ця чиста корисність невід'ємна, то споживач приєднується до послуги. При цьому споживачу байдуже, приєднуватися чи ні до мережі за нульової чистої корисності.

Споживачі з вищим, ніж у байдужого споживача параметром переваги, приєднуються до послуги. Звідси впливає рівняння стану, що описує розмір мережі в даний час (попит у короткостроковому періоді). Оскільки у стійкому стані споживач не може збільшити свою чисту корисність, приєднуючись до мережі чи від'єднуючись від неї, то мережа залишається постійною в часі, звідки впливає рівняння довгострокового попиту.

Довгостроковий попит досягається тоді, коли ринок насичується і відсутні нові споживачі, які бажають приєднатися до мережі. Проте довгостроковий попит може також не сягати повного насичення залежно від цін і споживчих переваг. Це відрізняє дану модель від відомої [8], в якій завжди досягається повне насичення. Тому дана модель може брати до уваги ринково невдалі продукти. Зазначимо, що рівновага стійкого стану збігається зі статичною рівновагою втілюваних очікувань.

Ефекти встановленої бази через функції відносної (не абсолютної) кількості передплатників дають змогу аналізувати ринки різного розміру. Припущення нескінченності абсолютної генеральної сукупності потенційних передплатників надають можливість уникати кутових розв'язків. Також припускають, що параметри розподілу переваг споживачів залежать від демографічних показників: найвище значення – від валового внутрішнього продукту на душу населення і неспостережуваного параметра неоднорідності поміж країн; щільність розподілу (міра реакції попиту до змін ціни) – від населення.

Специфікації функції готовності платити і параметрів розподілу вибрані для зручного порівняння різних ринків. Наприклад, параметр щільності розподілу має залежати від чисельності населення для врахування вірогідних цінових ефектів поміж ринків. Певна зміна ціни в Ірландії матиме значно менший абсолютний вплив на передплатників, ніж у США, бо Ірландія має значно менше населення. Аналогічно певна зміна встановленої бази (вимірюваної як частка ринку) матиме значно більший абсолютний вплив на передплатників у США, ніж в Ірландії. У разі існування єдиного ринку зникне проблема врахування цінових ефектів поміж ринків різного розміру, а тому дану модель можна переписати, використовуючи абсолютну встановлену базу замість відносної. Якщо функція готовності платити залежить від абсолютної кількості передплатників, то певна зміна встановленої

бази матиме значно більший абсолютний вплив на передплатників у США, ніж в Ірландії, що не відповідає реальній ситуації. Виявляється, що параметри встановленої бази не є статистично значущими.

Похибка в рівнянні оцінювання стану мережі може бути гетероскедастичною і корельованою між періодами часу, але не між ринками. Ця похибка враховує впливи на передплату неспостережуваних змінних, наприклад, рівня нецінової конкуренції (зокрема маркетингових зусиль операторів) на кожному географічному ринку.

Ідентифікація структурних параметрів у даній моделі суттєво залежить від здатності консистентно оцінювати коефіцієнти при змінних встановленої бази в рівнянні оцінювання. Одна з проблем – вищезазначена неоднорідність між країнами, яку відносимо до фіксованих ефектів. Інша проблема – прийнятний вибір зсуву прийняття. Коли немає докладнішої інформації щодо того, як часто споживачі оновлюють свою оцінку встановленої бази, вибір зсуву прийняття буде *ad hoc*, а практично визначатиметься частотою даних. Ці проблеми можна розв'язувати, порівнюючи моделі з різними зсувами прийняття. Ще одна проблема – взаємозв'язок між встановленою базою і поточною мережею, керований серійною кореляцією в часі неспостережуваних змінних, пов'язаних із продажами [8]. Цю проблему можна розв'язувати, перевіряючи серійну кореляцію залишків у моделі, щоб виявляти потенційну роль випущених неспостережуваних змінних.

Ідентифікації коефіцієнта при змінній ціні торкаються звичайні міркування ендогенності, бо ціни можуть встановлюватися як прямий відгук на зміну бази передплатників. Використовуючи панельну природу даних, будемо інструментальні змінні, засновані на географічній близькості країн. Робимо припущення, що збурення від неспостережуваних витрат корелюються між країнами даного регіону, а неспостережуваного попиту – ні (через мовні

й культурні відмінності між країнами даної вибірки). Рекламні компанії дають приклад корельованих сплесків попиту між штатами США, але такі компанії не корельовані між країнами, бо типово проектується і проводяться на національному рівні. Важливість цих географічних факторів залежить від того, наскільки корелюється структура витрат операторів 2G між країнами. Існування глобального ринку входження для телекомунікаційної галузі передбачає істотну кореляцію структур витрат.

Оскільки критична маса виявляє себе у спаданні попиту під час зростання ціни, доцільно вибудувати формальний тест визначення критичної маси, заснований на інтуїтивному відчутті, що за наявності критичної маси максимальна ціна (насичення), за якої споживачі готові купувати послугу, спостерігається радше при додатній встановленій базі, ніж при нульовій. Тоді можна перевіряти, чи відрізняється від 0 оцінка цієї бази статистично; якщо не відрізняється, то немає ділянки кривої попиту нормального продукту, а отже і – критичної маси.

Висновки

Знайдено достатньо просту функціональну модель, яка описує ринки мережних продуктів. За існування множинних рівноваг функція (оберненого) попиту стійкого стану має містити ділянку, властиву нормальному продукту, а тому максимум функції має досягатися при додатному рівні бази передплатників. Таким чином, інтуїтивно-формальний тест множинних рівноваг полягає в обчисленні рівня, при якому досягається цей максимум, і перевірці того, чи цей рівень статистично відрізняється від 0.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Grajek M., Kretschmer T.* Estimating critical mass of the global cellular telephony market // European School of Management and Technology working paper. – 2010. – 08-004(R1). – 44 p.

2. Горбачук В.М. Методи індустріальної організації. Кейси та вправи. Економіка та організація виробництва. Економічна кібернетика. Економіка підприємства. – К.: А.С.К., 2010. – 224 с.

3. Grajek M. Estimating network effects and compatibility: evidence from the Polish mobile market // *Information economics and policy*. – 2010. – 22(2). – Р. 130–143.

4. Krivonos Y., Gorbachuk V., Wojcik W., Smailova S. Time series regression and Granger causality / Current problems in information and computational technologies. V. 2. W. Wojcik, J. Sikora (eds.) – Lublin: Politechnika Lubelska, 2012. – P. 7–49.

5. Березняк Н.В. Тенденції розвитку світового ринку

нанотехнологій: європейський підхід / Н.В. Березняк, Т.К. Кваша, О.В. Фролова // Науково-технічна інформація. – 2009. – №3. – С. 44–50.

6. Макаренко А.С. Нейронные сети с неединственностью значений текущих состояний элементов / А.С. Макаренко, В.М. Билюга // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2010. – №2. – С. 35–39.

7. Cabral L. On the adoption of innovations with “network” externalities // *Mathematical social sciences*. – 1990. – 19. – P. 299–308.

8. Bass F. M. A new product growth model for consumer durables // *Management science*. – 1969. – 15(5). – P. 215–227.

УДК 621.311.25

НЕВЗАЄМНА ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СИСТЕМА – ПІДСИЛЮВАЧ ПОТУЖНОСТІ Й ДЖЕРЕЛО ЕНЕРГІЇ



В.О. Тарасов, докт. техн. наук,
В.О. Ручкін, канд. техн. наук,
М.М. Добrivечер

Постановка проблеми. У зв'язку з до-
рожнечею й обмеженістю невідновлюваних
запасів традиційних енергоносіїв (вугілля,
нафта, газ, уран) підвищується інтерес до
енергетики, що базується на використанні
інших джерел енергії [1; 2].

У роботі [3] запропоновано спосіб змен-
шення гальмуючого моменту, створюваного
струмом навантаження, на входному валу
електрогенератора. Цей спосіб, заснований
на замиканні магнітного потоку, створеного
струмом навантаження, не через індуктор, як
це відбувається у звичайних електромашин-
них генераторах, а в просторі, що знаходиться
всередині витків обмотки якоря (рис. 1).

Інший варіант зменшення гальмуючого
моменту на входному валу електрогенерато-
ра запропоновано в роботах [4; 5]. Один із

перших зразків, (далеко не оптимальний) [4],
показав такі результати: напруга живлення
двигуна – 20 В; струм споживання без на-
вантаження – 0,91 А. При підключенні на-
вантаження (лампа розжарювання 4В × 1А)
струм споживання двигуна зріс до 0,93 А. При
цьому за ретельної симетрії котушок і точної
установки магнітопроводу зміни струму спо-
живання двигуна не зафіксовано. Слід зазна-
чити, що цей екземпляр котушки дає струм
до 12 А при напрузі 4 В, але й він далеко не
граничний [4]. У роботі [5] автор стверджує,
що в експериментальній моделі генератора,
виготовленій на основі серійного силового
трансформатора ОСМ 0,63 У3 (розмір – два
кулака), удалося збудити параметричні ко-
ливання потужністю 6217,9 Вт. Це дає змогу
«зняти» навантаження в 4352,5 Вт. При цьому