

МОДЕЛІ МЕРЕЖЕВИХ ЕФЕКТІВ ТА ЇХ ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ

Досліджуються моделі мережеских ефектів, здійснено їх узагальнення, надано практичне застосування даних моделей на прикладі ринку мобільного зв'язку України.

Исследуются модели сетевых эффектов, осуществлено их обобщения, предоставлено практическое применение данных моделей на примере рынка мобильной связи Украины.

The models of network effects are examined. Their generalization is made and the practical basis of their usage based on the Ukrainian market of mobile connection is suggested.

Ключові слова: мережескі ефекти, корисність абонентів від приєднання до мережі, стандартизація.

Тенденцією розвитку сучасної світогосподарської системи стала глобалізація, яка охоплює країни та континенти, широкі кола виробників та споживачів, їх ринкові взаємовідносини. В умовах глобалізації ринкових відносин, коли стандартизація є однією з найбільш характерних ознак таких ринків, для споживачів і виробників все важливішим стає обрати найкращий стандарт серед конкуруючих. Кожен прагне обрати такий його вид, який зможе мінімізувати витрати на сумісність товарів та який набуде найбільшого поширення на ринку. Внаслідок такої поведінки індивідів виникають додатні ефекти споживання. Корисність певного блага зростає відповідно до кількості агентів, що купують дане благо. Факторами, які створюють незв'язні мережі товару з однаковими характеристиками, є необхідність додаткових витрат, спрямованих на створення адаптерів або прийнятті єдиного стандарту. Таким чином, різні стандарти утворюють всередині ринку нові структури споживачів, а саме «мережі».

Дослідженню мережеских ефектів присвячені роботи Т.Вейла, Х.Лейбенстайна, М.Катца, К.Шапіро, С.Марголіса, С.Лейбовітца, П.Сванна, С.Беррі, Дж.Фаррелла. У російській економічній літературі мережеским ефектам присвячені роботи М. Бармотіної, Н. Розанової та ін. В Україні дослідженням мережеских ефектів присвячені праці відомого українського економіста А.А.Грищенка.

Проте дослідження мережеских ефектів в українській економічній літературі є надзвичайно обмеженими, потребують узагальнення еволюції підходів до даної проблеми, напрямів застосування у практичній діяльності.

Метою роботи є узагальнення моделей мережеских ефектів в економічних дослідженнях та практичне застосування даних моделей на прикладі ринку мобільного зв'язку України.

Тематика мережеских зовнішніх ефектів розробляється західними економістами з початку 1970-х років, на основі дослідження ринку телефонного зв'язку. Мережескі ефекти були однією з основних тем досліджень

Т.Вейла, який вперше звернув увагу на контроль за мережами абонентів мобільного зв'язку, вважаючи це запорукою успішного розвитку компанії.

Однією з найперших праць, які створили основу для дослідження зовнішніх ефектів, вважають статтю Х.Лейбенштейна «Ефект приєднання до більшості, ефект сноба та ефект Веблена у теорії споживчого попиту», у якій визначена залежність між кількістю споживачів блага та його цінність для окремого агента. [1] М.Катц та К.Шапіро у праці «Мережеві зовнішні ефекти, конкуренція та сумісність» прослідкували взаємозв'язок між конкуруючими стандартами та характером зовнішніх ефектів. [2] Їх дослідження можна вважати базою для розвитку теорії мережевих ефектів у працях С.Марголіса, С.Лейбовітца, П.Сванна, С.Беррі, Дж.Фаррелла.

Після публікації робіт М.Катца та К.Шапіро, а також Д.Фарелла та Г.Салонера «Стандартизація, сумісність та інновації» [4] та інших робіт, у науковий обіг увійшла теорія мережевих зовнішніх ефектів.

Мережеві ефекти – це додаткові переваги, які отримують нові споживачі певного продукту або послуги внаслідок того, що тим самим продуктом / послугою користується велика кількість інших споживачів. Відокремлюють прямі та непрямі мережеві ефекти. Прямі пов'язані із збільшенням цінності продукту при зростанні кількості його користувачів. Непрямі ефекти пов'язані із розвитком комплементарних ринків. [2]

Теорію мережевих зовнішніх ефектів можна застосовувати для опису процесів розповсюдження інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ). Це пояснюється, по-перше, тим, що сутністю ІКТ є організація процесу обміну інформацією, а інтерес до тих або інших засобів комунікації залежить не тільки від витрат, що передбачаються на їх придбання й впровадження (як у стандартній функції попиту $D = f(P)$), але й досить значною мірою від кількості інших користувачів цих засобів, які розглядаються як потенційні комунікаційні партнери (тобто $D_i = f(P, D_p)$, де D_i – попит у поточному періоді, D_p – сукупний задоволений попит минулих періодів, P – витрати на придбання засобу комунікації). По-друге, додатковим спонукальним фактором є конкурентний тиск, тобто реальні або передбачені переваги, що отримують користувачі ІКТ (наприклад, у вигляді зменшення витрат), змушують конкурентів використовувати аналогічні технології. [2]

Головні питання, що розглядаються теорією мережевих ефектів, можна розбити на три кластери, у які входять такі суміжні проблеми:

1. Встановлення рівноваги на ринку з мережевими ефектами (використання переваг першого кроку, досягнення критичної маси).

2. Вибір фірм щодо сумісності продукції (ліцензування, одностороннє чи обумовлені адаптери).

3. Утворення нової технології та вибір стандарту (надмірна інертність та поспіх у прийнятті рішень, координація рішень фірм щодо прийняття технології).

Математичне моделювання рівноваги на ринках з мережевими ефектами будується на елементах мікроекономічної теорії (класична схема оптимізації виробництва), економіки галузевих ринків (моделі недосконалої конкуренції та стратегічної поведінки фірм) та інституційної економіки. Математичний інструментарій включає в себе математичний аналіз (теорія умовного екстремуму, теорія визначених інтегралів), елементи теорії матричних ігор, основи економетрики.

Зокрема, головною конструкцією, яку використовує більшість моделей, є функція корисності, що враховує вплив мережесих ефектів виду $r + v(y_e)$, де $v(y_e)$ – оцінка покупцем мережесих зовнішніх ефектів споживання товару при очікуваному розмірі мережі y_e , а r – оцінка споживачем у відсутності мережесих ефектів або базова оцінка. Крім того, функція $v(y_e)$ двічі диференційована, гранична віддача корисності від кожного абонента спадає та функція є додатною на всьому проміжку свого визначення. Такий вид функції корисності був запропонований у класичній статті М.Катца та К.Шапіро. [2] У базових моделях також вноситься припущення про лінійність попиту.

Часто також використовується модифікація цього підходу, описана К.Шапіро та Х.Веріаном [5], згідно з якою $v(y_e)$ має параболічну форму (тобто функція не є постійно зростаючою). Таким чином, ця модель включає можливість існування від'ємних мережесих ефектів, що значно розширює можливості моделей та дозволяє розраховувати оптимальну ціну, обсяг товару та прибуток фірми. Внаслідок цього вводять такий термін, як «перенаселеність мережі».

Оглядаючи наукову літературу з цього приводу, можна помітити, що автори, перш за все, намагаються довести існування мережесих ефектів та оцінити їх, використовуючи регресійний аналіз задля обрахунку цінової функції товарів з урахуванням впливу мережесих ефектів. Більшість теоретичних підходів використовує аналіз рівноваги, щоб пояснити такі феномени, як проблему «запуску», неспроможність механізму ринку забезпечити конкуренцію між постачальниками товарів та послуг, нестабільність ринків мережесих ефектів та значна залежність від розвитку і стану ринку на початковий момент часу (path dependency).

Основними результатами, які отримані внаслідок подібних досліджень, є:

✓ у багатьох випадках існування мережесих ефектів призводить до Парето-неоптимальних результатів на ринку;

✓ розташування на боці попиту додатних мережевих ефектів унеможлиблює існування загальної рівноваги і в результаті ринок «замикається» до стану монополії, з одним домінуючим стандартом;

✓ декілька несумісних технологій дуже рідко можуть співіснувати і швидко переходять до одного домінуючого стандарту;

✓ проблема «запуску» стає на заваді прийняттю навіть кращого за існуючий продукт, тому що жоден агент не хоче брати на себе непропорціональний ризик бути першим, хто прийняв новий стандарт;

✓ з іншого боку, може виникнути ситуація «надлишкового моменту» (*excess momentum*), за якого фірма використовує низькі ціни у початковій періоді розповсюдження стандарту задля того, щоб спокусити критичну кількість споживачів. Це означає, що можлива ситуація, коли проблему інерційності подібних систем можна подолати, проте все це ще не гарантує соціальної оптимальності.

Незважаючи на те, що традиційні моделі зробили значний внесок для розуміння широкого спектру часткових проблем, які пов'язані з розповсюдженням стандартів, вони неспроможні пояснити феноменологічну різноманітність їх розповсюдження у сучасних ринках ІКТ, що динамічно розвиваються.

Дослідження мережевих ефектів здійснюються досить загально, їхні основні моделі не враховують різноманітні якості та відмінності у характері ринків цифрового телебачення, мобільних телефонів, офісного програмного забезпечення, Інтернет браузерів тощо. Це зумовлює необхідність розглядати кожний ринок окремо та робити узагальнення моделей для всіх ринків, на яких спостерігаються мережеві ефекти.

Більш того, у багатьох моделях ігнорується специфічна взаємодія між агентами, що приймають стандарти, та їхнім соціально-економічним середовищем, а також децентралізована координація мережевих ефектів. Зокрема, у своїй статті «Переглядаючи теорію мережевих ефектів» [6] Т.Вейцель, О.Вендт та Ф.Вестарп довели, що характер розвитку ринку, на яких простежуються мережеві ефекти, необхідно розглядати з урахуванням взаємодії між користувачами, персональних взаємин тощо. Це зрозуміло, оскільки очевидно, що користувач мережі мобільного зв'язку отримує більше користі від вибору стандарту, сумісного з тим, який обрало коло його спілкування, ніж від того, який є найбільш популярним на ринку.

Окремо виділяють також кластер неокласичних моделей, які розглядають дії кожного агента як функцію від моменту часу, у який дія відбувається, та інформації, якою володіє агент. Фактично, такі моделі відкидають концепцію повної раціональності поведінки агентів та досліджують індивідуалів, що здатні до розвитку, а також еволюційні системи загалом. Дослідники вказують, що

такі моделі мають значний потенціал для дослідження подібного явища. [6]

Ці моделі також мають суттєві недоліки в описанні характеру мережевих ефектів:

1. Споживання знищує товар, що обмежує дослідження товарів, якими споживач володіє впродовж певного часу (наприклад, комп'ютерні ігри, комп'ютерні програми тощо).

2. Неокласичні моделі будуються на припущенні, що всі ресурси є повністю подільними. Проте те, що можна припускати для матеріальних товарів, є неприпустимим для інформації. Вважається, що «похибка заокруглення» є незначною і повністю нівелюється, коли розрахунки ведуться для великих обсягів. Але зовсім не розглядаються ситуації, коли обсяг споживання одного користувача близький до одиниці.

3. У даних моделях неможливо змоделювати комплементарні товари. В свою чергу, оскільки товари-комплементи існують майже у всіх галузях, стають очевидним недоліки таких моделей.

Окремо потрібно виділити те, що більшість праць з мережевих ефектів обмежуються односторонніми ринками у побудові моделей та загалом у дослідженнях. На жаль, двосторонні ринки висвітлені недостатньо, що зумовлено складністю оцінки взаємодії між агентами на цих ринках.

Таким чином, зростаюча швидкість розвитку ІКТ зумовила збільшення уваги до досліджень з вибору стандартів, та мереж, що внаслідок цього утворюються. Загальним результатом більшої частини побудованих моделей є Парето-неоптимальні результати процесу стандартизації, незважаючи на те, що емпіричні дані спростовують цей факт.

Зокрема, Т.Вейцель, О.Вендт та Ф.Вестарп вважають, що це є результатом припущень, на яких базується класична та неокласичні теорії, та вказують на необхідність побудови моделі, яка змогла б об'єднати методологічні аспекти обох підходів. Основні вимоги до даної моделі:

1. Моделювання знання та непевності, обмеженої раціональності. Адже у більшості випадків користувач вибирає, до якої мережі приєднатися, використовуючи ту інформацію щодо мережі, якою він володіє.

2. Розгляд еволюційної динамічної системи. Мережі за своїм характером мають розглядатися саме як еволюційні системи, тобто такі, що розвиваються за певними законами.

3. Розгалуження мереж. Дана модель має враховувати можливе роздібнення мережі або навіть її «смерть».

4. Вона має враховувати, що товар може бути неподільним.

5. Має враховуватися соціальна взаємодія між користувачами даним благом.

Таким чином, розглянувши сутність мережевої економіки, мережевих ефектів, особливості їх прояву та основні моделі впливу, можна зробити

висновок, що ці моделі можна використовувати з певними обмеженнями для дослідження ринку товарів та послуг, що й буде використано для дослідження ринку мобільного зв'язку України.

Специфіка побудови моделей за умови мережевих ефектів полягає в тому, що більшу частку корисності приносить не саме благо, а саме взаємодія з іншими абонентами мережі. У класичній мікроекономічній теорії існує гіпотеза про «незалежність споживача», яка вказує, що кореляція між отриманою корисністю та споживанням інших індивідів відсутня.

У дослідженні ми відкинемо дане, майже аксіоматичне, припущення та побудуємо модель, що буде досліджувати корисність, яку отримує кожен абонент від приєднання додаткового абонента (граничну корисність від додаткового абонента) та функціональний зв'язок між цими параметрами. На основі цього визначенню максимально можливий розмір ринку мобільного зв'язку України та побудуємо теоретичне підґрунтя для використання даної моделі на інших ринках, схожих за своїм характером на вищезгаданий.

Кожен з абонентів при підключенні до мережі мобільного зв'язку (споживання блага) зазнає певних витрат. У свою чергу, він йде на подібний крок за умови, що отримана корисність буде більшою за втрати. З іншого боку, для кожного з абонентів витрати, який той готовий понести, будуть різними.

На основі даних міркувань побудовано порогову модель для визначення характеру залежності корисності кожного користувача від того, що інші користувачі знаходяться у тій самій мережі.

Нехай користувач приєднується до мережі за умови, що:

$$c - U_0 - \phi_1(y) \leq c_i \quad (1)$$

де U_0 – корисність блага,

$\phi_1(y)$ – корисність, яку отримає даний абонент від розміру мережі y ,

c – витрати за підключення,

c_i – витрати, які він готовий здійснити.

Або:

$$U_0 + \phi_1(y) - c \geq -c_i \quad (2)$$

Подібне припущення використав О.Шай у своєму дослідженні [7, с.106]. Проте він розбив користувачів на декілька типів на основі їх готовності нести витрати. Дана модель побудована на основі того, що ця величина є індивідуальною для кожного абонента.

У цій моделі ринок розглядається як один стандарт, прийняття якого пов'язане з певними витратами (витратами на підключення). Альтернативне даному благо є цілком абстрактним – не підключення абонента. С.Беррі у дослідженні [8] називав його «зовнішнім благом». Різниця в цінах різних операторів на підключення та на різний розмір мережі для кожного з них не

розглядається, що є допустимим, враховуючи те, що абоненти мобільного зв'язку, без сумніву, утворюють мережу і можуть взаємодіяти один з одним незалежно від оператора, який вони обрали, та незважаючи на те, що в такому разі їхні витрати будуть вищими.

Диференціація споживачів за готовністю платити за товар є стандартним припущенням для наукової літератури, присвяченої мережевим ефектам.

Зокрема, М.Катц та К.Шапіро у роботі «Мережеві зовнішні ефекти, конкуренція та сумісність» [2] розглядають модель залежності ціни від мережесих ефектів і використовують наступні твердження та припущення. По-перше, твердження про те, що кількість агентів на ринку обмежена M абонентами. По-друге, припущення про лінійний характер функції попиту.

У такому випадку готовність споживача нести витрати (c_i) є:

$$c_i = c_{\max} \cdot (1 - r(i)), \quad (3)$$

де i – номер абонента по порядку за готовністю нести витрати. Так, абонент з номером 1 готовий понести найбільші витрати c_{\max} ;

$r(i)$ – рівномірний розподіл від номера абонента i ($i = \overline{1, M}$), з щільністю $\frac{1}{M}$ на проміжку $[0, M]$:

$$c_{\max} = \max_i c_i = c_M \quad (4)$$

$$r(i) = \begin{cases} 0, & i \leq 0 \\ \frac{1}{M} \cdot i, & 0 \leq i \leq M \\ 1, & i > M \end{cases} \quad (5)$$

Припускається те, що витрати на підключення не змінюються у часі або цими змінами можна знехтувати (це додасть певну похибку до моделі). Тобто, у формулі (2) $\tilde{n} = const$.

Оскільки корисність є величиною відносною, то за такої умови можна нормувати функцію корисності $\phi_1(y)$ у формулі (2):

$$\phi(y) \leq -\tilde{n}_i(y).$$

У даній моделі кожен з учасників ринку вибирає на j -тому періоді, чи прагне він підключитися. Для спрощення аналізу вважається, що всі бажаючі приєднуються до моделі відразу. Приєднавшись, вони збільшують дію мережесих ефектів і збільшують корисність даного блага для кожного з інших агентів, в тому числі не підключених, цим самим створюючи передумову їх підключення.

Тобто, корисність $\phi(y_j)$ у j -тому періоді буде дорівнювати $-c_{j+1}$.

Розглянемо j -тий та $j-1$ період:

$$\phi(y_j) - \phi(y_{j-1}) = -c_{j+1} + c_j, \quad (6)$$

де c_j – витрати «граничного» абонента за j -тий період (всі абоненти з більшим значенням фактора c не будуть купувати дане благо).

Враховуючи те, що розподіл $r(i)$ є рівномірним, то отримаємо:

$$\phi(y_j) - \phi(y_{j-1}) = \tilde{n}_{\max} (-1 + r(y_{j+1}) + 1 - r(y_j)) \quad (7)$$

або:

$$\phi(y_j) - \phi(y_{j-1}) = \tilde{n}_{\max} (r(y_{j+1}) - r(y_j)). \quad (8)$$

Це рівнозначне:

$$\phi(y_j) - \phi(y_{j-1}) = \frac{\tilde{n}_{\max}}{M} (y_{j+1} - y_j). \quad (9)$$

Фактично, збільшення кількості абонентів у j -тому періоді порівняно з $j-1$ -им призведе до того, що кількість бажаючих приєднатися до мережі збільшиться у наступному періоді внаслідок дії мережевих ефектів.

Після перетворень отримаємо:

$$\frac{\phi(y_j) - \phi(y_{j-1})}{y_j - y_{j-1}} = \frac{\tilde{n}_{\max}}{M} \cdot \frac{y_{j+1} - y_j}{y_j - y_{j-1}}. \quad (10)$$

З втратою деякої точності можна вказати на те, що:

$$\phi'(y_{j-1}) = \frac{\tilde{n}_{\max}}{M} \cdot \frac{y_{j+1} - y_j}{y_j - y_{j-1}}. \quad (11)$$

Для полегшення подальших розрахунків скоректуємо граничну корисність (проведемо заміну):

$$\psi'(y_{j-1}) = \frac{M}{c_{\max}} \cdot \phi'(y_{j-1}) = \frac{y_{j+1} - y_j}{y_j - y_{j-1}} \quad (12)$$

Нами були здійснені розрахунки для знаходження фактичних значень функції $\psi'(y)$, тобто граничної корисності абонента від розміру мережі у для абонентів ринку мобільного зв'язку за 2003-2010 рр. поквартально за допомогою логістичної регресії у вигляді $y = f(t) = \frac{c}{1/a_i + e^{-bt}}$. Згідно з побудованою регресією $a=50,51$; $b=0,34$; $c=1092161,05$; $R^2 = 0,9910$.

Оскільки наближення регресією є досить точним, вважається за можливе використати його для того, щоб надалі не проводити додаткове згладжування. Отже, представимо функцію скоректованої граничної корисності абонентів від

розміру мережі $\psi'(y_{j-1})$ через згладжену функцію $f(t)$. Таким чином, функція набуде вигляду $\psi'(f(t))$.

Для визначення функціональної залежності значень функції скоректованої граничної корисності від кількості абонентів було побудовано регресії різних видів. Найточніше залежність описують наступні регресії (R-квадрат для яких майже однаковий): квадратична, кубічна, логістична та обернена спеціального вигляду (табл.1).

Очевидно, що при рівних R-квадрат точність перших двох буде нижча внаслідок того, що це, фактично, є множинна регресія від y та степенів y .

Логістична регресія вигляду $\psi'(y) = \frac{a_0}{1/a_1 + e^{-a_2 \cdot y}}$ та обернена з вільним

членом вигляду $\psi'(y) = \frac{a_1}{a_0 y + 1}$ є еквівалентними за умови, що $-a_2 \cdot y \rightarrow 0$,

оскільки в такому випадку виконується $e^{-a_2 \cdot y} \sim -a_2 y$.

Цим обумовлена значна подібність між їхніми значеннями. Для подальшого дослідження необхідно визначити одну функцію, яку буде використана у подальших розрахунках. Розглянемо обидві з них.

Таблиця 1

*Різні види регресій для визначення характеру функції скоректованої граничної корисності абонентів від розміру мережі**

| Вид регресії | Формула | R ² |
|-----------------|---|----------------|
| Лінійна | $\psi'(y) = a_0 + a_1 y$ | 0,9611 |
| Логарифмічна | $\psi'(y) = a_0 + a_1 \ln(y)$ | 0,9893 |
| Зворотня | $\psi'(y) = a_0 + a_1 / y$ | 0,8390 |
| Квадратична | $\psi'(y) = a_0 + a_1 y + a_2 y^2$ | 0,9954 |
| Кубічна | $\psi'(y) = a_0 + a_1 y + a_2 y^2 + a_3 y^3$ | 0,9977 |
| Показникова | $\psi'(y) = a_0 \cdot a_1^y$ | 0,9819 |
| Степенева | $\psi'(y) = a_0 \cdot y^{a_1}$ | 0,9730 |
| S-подібна | $\psi'(y) = e^{a_0 + a_1 / y}$ | 0,7909 |
| Зростання | $\psi'(y) = e^{a_0 + a_1 y}$ | 0,9819 |
| Експоненціальна | $\psi'(y) = a_0 e^{a_1 y}$ | 0,9819 |
| Логістична | $\psi'(y) = \frac{a_0}{1/a_1 + e^{-a_2 \cdot y}}$ | 0,9972 |

ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

| | | |
|-----------------------------|------------------------------------|--------|
| Спеціальна обернена функція | $\psi'(y) = \frac{a_1}{a_0 y + 1}$ | 0,9943 |
|-----------------------------|------------------------------------|--------|

*Джерело: розраховано авторами

Відповідно до логістичної регресії зроблено припущення, що характер залежності має вигляд:

$$\psi'(y) = \frac{a_0}{\frac{1}{a_1} + e^{-a_2 \cdot y}} \quad (13)$$

Отримано, що $a_0 = -0,5874$, $a_1 = -0,7194$, $a_2 = 10^{-8}$. Коефіцієнт регресії (R-квадрат) дорівнює 0,9972, тобто дане наближення є дуже точним.

Отже, $\psi'(y) = \frac{-0,5874}{-1,39 + e^{-1,01 \cdot 10^{-8} \cdot y}}$.

Відповідно:

$$\psi(y) = \int \psi'(y) dy = \int \frac{-0,5874}{-1,39 + e^{1,01 \cdot 10^{-8} \cdot y}} dy = \frac{-0,5874}{-1,39 \cdot 1,01 \cdot 10^{-8}} \ln(-1,39 \cdot e^{1,01 \cdot 10^{-8} \cdot y} + 1) + c_0$$

Або:

$$\psi(y) = 41833498,98 \cdot \ln(-1,39 \cdot e^{1,01 \cdot 10^{-8} \cdot y} + 1) + c_0, \quad (14)$$

де c_0 – константа інтегрування.

Проте для будь-яких значень y з фактичних даних, функція скоректованої загальної корисності абонентів від розміру мереж існувати не буде (під логарифмом від'ємна величина).

У спеціально оберненій функції припускається, що характер залежності має вигляд:

$$\psi'(y) = \frac{a_1}{a_0 y + 1} \quad (15)$$

Отримано, що $a_0 = 1,89 \cdot 10^{-8}$, $a_1 = 1,4479$. Коефіцієнт регресії (R-квадрат) рівний 0,9943, тобто дане наближення є дуже точним.

Отже, $\psi'(y) = \frac{1,4479}{1,89 \cdot 10^{-8} y + 1}$.

Відповідно:

$$\psi(y) = \int \psi'(y) dy = \int \frac{1,4479}{1,89 \cdot 10^{-8} y + 1} dy = \frac{1,4479}{1,89 \cdot 10^{-8}} \ln(1,89 \cdot 10^{-8} \cdot y + 1) + c_0$$

Або:

$$\psi(y) = 76460689,66 \cdot \ln(1,89 \cdot 10^{-8} \cdot y + 1) + c_0, \quad (16)$$

де c_0 – константа інтегрування.

Дану задачу Коші можна розв'язати для значень $\psi(y) = \frac{M}{c_{\max}} \cdot \phi(y) = \frac{M}{c_{\max}} \cdot 0 = 0, y = 0$. Це витікає з логічних міркувань: якщо

мережі не існує, то ніхто з абонентів не буде прагнути до неї приєднатися, оскільки йому не буде з ким взаємодіяти для споживання блага. Таким чином, $c_0 = 0$.

Отже, функція корисності від кількості абонентів найкраще описується логарифмічною функцією. Даний висновок підтверджує закон Ціпфа. [9]

Варто зазначити, що у даній моделі скоректована загальна корисність $\psi(y)$ вказує ще й на кількість абонентів, які будуть у мережі в наступному періоді, з врахуванням того, що у даному періоді у абонентів, тобто:

$$y_{i+1} = \psi(y_i), \quad (17)$$

Ми можемо використати це для розрахунку максимальної кількості абонентів на ринку.

Очевидно, що приєднання буде відбуватися до тих пір, коли приєднаних за один період абонентів буде недостатньо, щоб спокусити додаткових абонентів приєднатися до мережі. Тобто:

$$y_{i+1} - y_i < k_{\min}, \quad (18)$$

де k_{\min} – мінімальна кількість абонентів, яку необхідно долучити до мережі, щоб вона продовжувала розширюватися.

Якщо знехтувати зміною абонентської бази внаслідок інших факторів та врахувати дискретність y ($y \in Z$), то зміна абонентської бази буде відбуватися до тих пір, доки:

$$\psi(y_{i+1}) - y_i \geq 1, \quad (19)$$

Або, використовуючи формулу (16):

$$76460689,66 \cdot \ln(1,89 \cdot 10^{-8} \cdot y + 1) - y_i \geq 1. \quad (20)$$

Внаслідок розв'язку отримаємо:

$$y_i \in [3, 53227641].$$

Згідно з інформацією агентства iKS-Consulting, станом на лютий 2011 року кількість абонентів мобільного зв'язку склала 53688089, що на 236279 користувачів менше, ніж у попередньому місяці (табл. 2). [10]

Дана модель побудована для ринку України. Проте її можна використати й для інших ринків. У такому випадку необхідно розглядати функцію $\psi(y)$ як функцію від змінних $\psi(y, c_{\max}, M)$.

Згідно з формулою (11), гранична корисність скоректована на місткість

ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

ринку та максимальну ціну, яку споживачі були готові платити за послуги:

$$\psi'(y) = \frac{M}{c_{\max}} \cdot \phi'(y) \cdot \quad (21)$$

Якщо припустити, що характер взаємодії між споживачами не відрізняється, а їх уподобання є подібними до ринку України, то функція корисності $\phi(y)$ досліджуваного ринку буде однаковою з ринком України.

Нехай $\psi_{\bar{a}}(y)$ – функція кількості абонентів у досліджуваному ринку. У такому випадку:

$$\psi_{\bar{a}}'(y) = \frac{M_{\bar{a}}}{c_{\max}^{\bar{a}}} \cdot \phi'(y) \cdot \quad (22)$$

де $\psi_{\bar{a}}(y)$ – функція кількості абонентів у наступному кварталі від кількості абонентів у попередньому для досліджуваного ринку;

$c_{\max}^{\bar{a}}$ – максимальні витрати, які готовий понести споживач на досліджуваному ринку;

$M_{\bar{a}}$ – кількість взаємодіючих агентів – потенційних покупців товару на ринку.

Здійснивши інтегрування, отримуємо:

$$\int \psi'(y) dy = \int \frac{M}{c_{\max}} \cdot \phi'(y) dy \cdot \quad (23)$$

Таблиця 2

Кількість абонентів операторів мобільного зв'язку у липні 2010 – лютому 2011 рр.*

| | | Київстар | МТС Україна | Астеліт (life:.) | УРС | Укртелеком | Телесистеми України | Інтертелеком | ІТС | Всього |
|------------------|----------------------|------------|----------------|---------------------|------------|------------|------------------------|--------------|---------|------------|
| Липень 2010 | Кількість | 22 125 591 | 17 708 736 | 11 689 000 | 2 337 428 | 494 901 | 494 534 | 434 418 | 320 968 | 55605576 |
| | Приріст за місяць | 177 164 | 190 344 | -79 000 | 226 809 | 9 617 | 14 486 | 10 395 | 786 | 550601 |
| Серпень 2010 | Кількість | 22 425 298 | 17 993 751 | 11 656 000 | 2 460 979 | 510 856 | 508 040 | 442 243 | 321 672 | 56318839 |
| | Приріст за місяць | 299 707 | 285 015 | -33 000 | 144 288 | 15 955 | 13 506 | 7 825 | 704 | 734 000 |
| Вересень 2010 | Кількість | 22 584 941 | 18 151 433 | 11 562 000 | 2 460 979 | 537 756 | 562 477 | 454 269 | 322 553 | 56 636 408 |
| | Приріст за місяць | 159 643 | 157 682 | -94 000 | -20 737 | 26 900 | 54 437 | 12 026 | 881 | 296 832 |
| Жовтень 2010 | Кількість | 24 944 592 | 18 225 017 | 9 638 000 | 0 | 565 404 | 575 751 | 467 877 | 325 294 | 54741935 |
| | Приріст за місяць | 2 359 651 | 73 584 | -1 924 000 | -2 460 979 | 27 648 | 13 274 | 13 608 | 2 741 | -1894473 |
| Листопад 2010 | Кількість | 24 436 361 | 18 230 281 | 9 617 000 | | 598 010 | 592 083 | 483 781 | 332 806 | 54290322 |
| | Приріст за місяць | -508 231 | 5 264 | -21 000 | | 32 606 | 16 332 | 15 904 | 7 512 | -451613 |
| Грудень 2010 | Кількість | 24 389 840 | 18 240 496 | 9 387 000 | | 631 106 | 608 433 | 506 296 | 335 344 | 54 098 515 |

ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

| | | | | | | | | | | |
|-------------|-------------------|------------|------------|-----------|--|---------|---------|---------|---------|----------|
| | Приріст за місяць | -46 521 | 10 215 | -230 000 | | 33 096 | 16 350 | 22 515 | 2 538 | -191 807 |
| Січень 2011 | Кількість | 24 328 083 | 18 213 409 | 9 015 000 | | 650 433 | 619 237 | 522 887 | 339 049 | 53688098 |
| | Приріст за місяць | -61 757 | -27 087 | -372 000 | | 19 327 | 10 804 | 16 591 | 3 705 | -410417 |
| Лютий 2011 | Кількість | 24 167 211 | 18 266 449 | 8 840 000 | | 667 687 | 630 638 | 538 932 | 340 902 | 53451819 |
| | Приріст за місяць | -160 872 | 53 040 | -175 000 | | 17 254 | 11 401 | 16 045 | 1 853 | -236279 |

*Джерело: Рейтинги мобільного зв'язку агентства iKS-Consulting [10]

З цього витікає:

$$\psi(y) = \frac{M}{c_{\max}} \phi(y) \quad \text{та} \quad \psi_{\bar{a}}(y) = \frac{M_{\bar{a}}}{c_{\max}^{\bar{a}}} \cdot \phi(y) \quad (24)$$

На основі цього складемо систему:

$$\begin{cases} \psi(y) = \frac{M}{c_{\max}} \phi(y) \\ \psi_{\bar{a}}(y) = \frac{M_{\bar{a}}}{c_{\max}^{\bar{a}}} \cdot \phi(y) \end{cases} \quad (25)$$

з якої отримуємо:

$$\psi_{\bar{a}}(y) = \frac{M_{\bar{a}}}{M} \cdot \frac{\tilde{n}_{\max}}{c_{\max}^{\bar{a}}} \psi(y) \quad (26)$$

Таким чином, знаючи співвідношення $\frac{M_{\bar{a}}}{M} \cdot \frac{\tilde{n}_{\max}}{c_{\max}^{\bar{a}}}$, можна досліджувати вплив

мережевих ефектів на ринках, що за своїм характером є подібними до українського ринку мобільного зв'язку. Отже, ми з'ясували, що залежність між кількістю абонентів та корисністю є логарифмічною. Крім того, ми довели, що можна з'ясувати загальні тенденції розвитку даного ринку на основі зміни місткості ринку у часі.

На основі проведених досліджень можна зробити наступні висновки. По-перше, головні питання, що розглядаються теорією мережевих ефектів, можна розбити на три кластери, у які в ряд суміжні проблеми: встановлення рівноваги на ринку з мережевими ефектами; вибір фірм щодо сумісності продукції; утворення нової технології та вибір стандарту (надмірна інертність та поспіх у прийнятті рішень, координація рішень фірм щодо прийняття технології. По-друге, дослідження мережевих ефектів здійснюються досить загально, їхні основні моделі не враховують різноманітні якості та відмінності у характерах різних ринків. По-третє, за допомогою моделей мережевих ефектів можна простежити динаміку кількості абонентів ринку мобільного зв'язку у часі, з'ясувати загальні тенденції розвитку даного ринку.

Список використаних джерел:

1. Лебенстайн Х. Эффект присоединения к большинству, эффект сноба и эффект Веблена в теории покупательского спроса [Текст] / Х. Лебенстайн // Вехи экономической мысли. Теория потребительского поведения и спроса /Под ред. В.М. Гальперина. - Т. 1. - СПб.: Экономическая школа, 2000. - С. 304–326.
2. Кац М.Л. Сетевые внешние эффекты, конкуренция и совместимость [Текст] / М.Л.Кац, К.Шапиро // Вехи экономической мысли: т.5. Теория отраслевых рынков / Пер. с англ. под общ. ред. А. Г. Слуцкого. — СПб. : «Экономическая школа», 2003. - С. 501-535.
3. Rohlfs J. A. Theory of Interdependent Demand for a Communications Service [Текст] / J. A. Rohlfs // Bell Journal of Economics and Management Science. - 1974. - Vol. 5. №1. - P. 16-37.
4. Farrell J., Standardization, compatibility, and innovation [Текст] / J. Farrell, G. Saloner // Rand Journal. - 1985. - N16. - P. 70-83.
5. Shapiro C. Information Rules: A Strategic Guide to the Network Economy [Текст] / C.Shapiro, H.Varian. - Harvard Business School Press, 1989. - 352 p.
6. Weitzel T. Reconsidering Network Effect Theory [Електронний ресурс] / T. Weitzel, O.Wendt, F. V.Westarp // Proceedings of the 8th European Conference on Information Systems 2000 Conference. - 2000. - July 3-5. - Vienna, Austria. - P. 484-491. - Режим доступу: <http://www.wi-frankfurt.de/publikationen/publikation143.pdf>
7. Shy O. The Economics of Network Industries [Текст] / O.Shy – Cambridge: Cambridge University Press, 2001. – 330 p.
8. Berry S. Estimating Discrete-Choice Models of Product Differentiation [Текст] / S.Berry // The RAND Journal of Economics. – 1994. - vol.25(2) – P. 242-262.
9. Briscoe B., Odlyzko A., Tilly B. "Metcalfe's Law is Wrong" -2006-
<http://spectrum.ieee.org/computing/networks/metcalfes-law-is-wrong/1>
10. iKS-Рейтинг "Сотовая связь в Украине" [Електронний ресурс]. - Сайт Агентства iKS-Consulting. – Режим доступу: <http://www.iksconsulting.ru/>