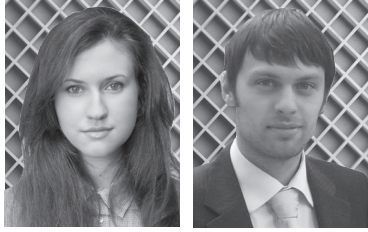


МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ЦІНОУТВОРЕННЯ НА ТОВАРИ З НАНОТЕХНОЛОГІЧНОЮ СКЛАДОВОЮ



Ю. О., Коротченкова

Б. С. Серебренников, канд. екон. наук

Вступ. Нанотехнології – міждисциплінарна область фундаментальної і прикладної науки, в якій вивчаються закономірності фізичних і хімічних систем із розміром у нанометровому діапазоні (одна мільярдна частина метра). Нанотехнології засновані на маніпулюванні окремими атомами і молекулами для побудови матеріалів із наперед заданими властивостями. Оскільки засоби та предмети праці, вироблені з матеріалів і речовин, виступають як фактор матеріального виробництва, нанотехнології можуть спричинити нову технологічну та економічну революцію. Саме тому обсяг інвестицій у галузь нанотехнологій має стійке зростання, на відміну від інших виробничих галузей. На сьогодні близько третини світових інвестицій припадає на США; 20% – на Японію; 15 %– на країни ЄС. Дослідження в цій сфері ведуться, зокрема, й в Україні.

Постановка завдання. Оскільки нанотехнології в найближчі 10–20 років справлятимуть значний вплив на економічні процеси на мікро-, мезо-, макро- та міжнародному рівнях, найважливішим індикатором їхньої економічної цінності є обсяг ринку товарів, вироблених з використанням нанотехнологій. З іншого боку, нанотехнології не належать до промислової галузі, яка могла б бути легко ідентифікована та кількісно оцінена. У випадку відповідного використання нанотехнологій можуть значно поліпшити споживчі властивості багатьох наявних на ринку товарів чи сприяти виробництву зовсім нових. При цьому кількісно виокремити саме «нанотехнологічну частку» в поліпшеній якості вдається далеко не завжди. Основною перешкодою є майже повна відсутність кількісних показників відносного внеску нанотехнологічної сфери в товарну якість продукції.

Метою даної роботи є побудова моделі для аналізу кількісних характеристик «нанотехнологічної частки» у споживчому попиті на вироблену продукцію та якісний аналіз шляхів використання такої моделі для оцінки ціни на сонячні елементи з нанотехнологічною складовою.

Наноміка – економіка нанотехнологій. Аналіз споживчого попиту традиційно заснований на виявленні основного елемента, що, трансформуючись у кінцевий продукт, додає до вихідного матеріалу вартість і створює корисність нової форми. Але такий підхід не дає змоги визначити найбільш суттєві ознаки продукту та їхній вплив на попит. Альтернативний підхід, започаткований Ланкастером [1], розглядає основні ознаки, що визначають належність створеної нової форми саме до цього продукту. При цьому вибір продукту споживачем відбувається шляхом аналізу сукупності ознак з урахуванням відповідності його вартості й можливостей власного бюджету.

Наприклад, попит на бейсбольну біту є не тільки функцією її ціни, але й вмісту біти. Якщо як наповнювач біти використати карбонові нанотрубки, вона стане щонайменше у 100 разів міцніше за сталь та в шість разів легшою. Як наслідок, споживчі ознаки цього продукту, включаючи ті, які є результатом нанотехнологічного вмісту (нанотрубки), можуть суттєво впливати на вибір споживача.

Розен [2] поєднав теорії споживання, корисності та конкурентних переваг і пристосував теорію гедонічної ціни для встановлення імпліцитної ціни характеристики, що визначає гетерогенний продукт. Споживча оцінка продукту аналізується з використанням гедонічної функції попиту [1]. При цьому стверджується, що для кожної властивості чи характеристики товару існують імпліцитні ціни, які є нечітко вираженими, але внутрішньо притаманні їм. Їх можна визначити на основі експліцитних, ринкових цін на товари та послуги. Тоді гедонічна функція h – це співвідношення між імпліцитною гедонічною ціною певної характеристики та кількістю характеристик, що вміщує товар:

$$P = h(c), \quad (1)$$

де P – вектор цін, що складається з n елементів;
 c – $i \times k$ матриця характеристик.

Гранична імпліцитна ціна певної характеристики

відповідає граничній оцінці покупцем зростаючої одиниці особливості товару, пов'язаної з даною характеристикою.

Так, у нанорозмірній області властивості багатьох товарів виявляють широкий спектр характеристик завдяки двом головним чинникам – відносному збільшенню площі поверхні щодо об'єму та квантово-розмірному ефекту. Наприклад, продукт розміром 30 нанометрів має на поверхні лише 5% загальної кількості атомів. Водночас 50% атомів зосереджено на поверхні продукту розміром 3 нанометри. Виявляється, що завдяки цьому продукт стає більш хімічно активним, зменшуються його розміри, поліпшуються зносостійкість та електричні властивості. Коли такий нанорозмірний матеріал чи відповідна i -та характеристика у формулі (1) (у наведеному прикладі може бути $i = 1, 2$ і яка відповідає поверхневою та квантово-розмірному ефекту) розміщено у звичайному макроскопічному товарі, його споживча привабливість та споживча оцінка зростають.

Відомо, що ціна на певний товар, наприклад сонцезахисний екран розглядається як сума загальних витрат на сонцезахисні властивості та на nano-підсилені характеристики. Загальні витрати на сонцезахисні характеристики є добутком суми цін на різні характеристики та їхню кількість, якщо характеристична функція є лінійною. У більш загальному випадку гедонічна ціна є певною функцією цін і кількості характеристик і відбиває загальні витрати на створення споживчих характеристик даного товару.

Використовуючи теорію споживання і корисності, функцію корисності Q можна подати у вигляді:

$$Q = Q(c, M), \quad (2)$$

де c – характеристики певного різномірного товару;
 M – описує вміст однорідних складових у цьому товарі.

Споживча корисність або рівень задоволення попиту покупця є функцією вхідних характеристик (вимоги до товару). Отже, споживач вирішує, скільки він може витратити на нанотехнологічний продукт порівняно з витратами на інші продукти, що не мають нанотехнологічної складової. У результаті формується споживчий попит, який залежить від ціни кожної з характеристик товару, їхньої кількості та рівня доходу I :

$$X = X(P(h(c)), M, I).$$

Тому обсяг закупок даного товару змінюється, якщо виробник може змінити або додати хоча б одну характеристику, включаючи нанотехнологічну.

Тоді купівля фірмою-виробником товарів з певними вхідними характеристиками подібна до купівлі споживчих товарів споживачем. При цьому рівняння (2)

можна подати як визначення вихідної виробничої функції Q , що має вхідний набір однорідних (c) та неоднорідних M характеристик. Відповідно nano-залежні характеристики товару можна розглядати як інвестування в процес виробництва даного товару.

Розглянутий підхід є предметом сучасних досліджень, мета яких – всебічний аналіз кількісних критеріїв і індикаторів, що відбивають внесок нанотехнологічних характеристик у споживчі властивості товару. Як наслідок бурхливого розвитку сфери нанотехнологій поступово утворюється й розвивається специфічний розділ економіки, який називають наномікою [3]. При цьому методиці визначення ціни бракує чітких теоретичних міркувань, що визначали б вигляд функціональної залежності h у виразі (1).

Створення математичної моделі. Нехай гедонічна ціна $h(c)$, а споживач x обирає товар із характеристиками $c \in Z_m$, максимізуючи функцію корисності $Q(x, c, h(c))$:

$$\max_{\{c \in Z_m\}} \{Q(x, c, h(c))\}.$$

Розв'язок $c = X(x)$ є гедонічною функцією попиту для споживача x .

Відзначимо деякі особливості моделі. По-перше, c включає в себе повну множину характеристик товару, які впливають на споживчу корисність і є відомими споживачу на момент покупки. По-друге, можуть існувати додаткові характеристики, які впливають на корисність уже після покупки і не відомі покупцю на момент покупки. У цьому випадку функція корисності інтерпретується як очікувана корисність покупки товару з відомими характеристиками c . По-третє, корисність для покупця залежить одночасно від x та c . Споживачі x_1 і x_2 ($x_1 \neq x_2$) оберуть загалом різні $C_1, h(C_1)$ і $C_2, h(C_2)$ та отримають різний рівень корисності.

Оберемо гедонічну функцію ціни у вигляді [4]:

$$\ln(P_{ijkt}) = \alpha + \delta Z_{kt} + \Gamma_{ijk} + \omega_t + \varepsilon_{ijkt},$$

де α і δ – параметри, що потребують визначення; P_{ijkt} – ціна i -го товару (нанотехнологічної сфери) у j -му оточенні (наприклад, nano-вмісткі сонячні елементи даного типу в оточенні nano-вмістких елементів, створених на іншій елементній базі) у k -й групі товарів (наприклад, nano-вмісткі сонячні елементи в ряду сонячних елементів, створених без використання нанотехнологій) у момент часу t ; Z_{kt} – ознаки k -го (рік) та t -го (товарна група) рівня, що включають у себе часову залежність ринкової поведінки даного товару, отриманої за допомогою певних стандартних методів оцінки ринку, динаміки зміни нанотехнологічних характеристик-складових даного товару, еволюцію податкових зобов'язань тощо; Γ_{ijk} охоплює всю сукупність

незалежних від часу чинників, що впливають на ціну товару нанотехнологічної сфери; ω_t – ефект ринково-часової взаємодії, що відбиває часові зміни загального стану ринкової кон'юнктури; ε_{ijkt} вміщує сукупність часово-залежних чинників, що характеризуються випадковим розподілом і не корелюють із Z_{kt} та Γ_{ijk} .

Часово-незалежні чинники можна описати різними засобами. Подамо Γ_{ijk} у вигляді найпростішої функціональної залежності ціни товару від товаро-містких характеристик (C_i) і чинників оточення (W_j):

$$\Gamma_{ijk} = \beta \cdot C_i + \mu \cdot W_j. \quad (3)$$

Якщо ж C_i і W_j не є повністю незалежними, можна ввести певне V_k , що відбиває ефект взаємодії характеристик товару з чинниками оточення:

$$\Gamma_{ijk} = \beta \cdot C_i + \mu \cdot W_j + v_k \quad (4)$$

$$\ln(P_{ijkt}) = \alpha + \delta Z_{kt} + \beta \cdot C_i + \mu \cdot W_j + v_k + \omega_t + \varepsilon_{ijkt}. \quad (5)$$

При цьому слід задовольнити умову ортогональності змінних у правій частині виразу (4) для Γ_{ijk} та ε_{ijkt} .

Нарешті, якщо характеристики C_i змінюються залежно від чинників оточення W_j , слід ввести повний набір фіксованих характеристик оточення σ_j згідно з

$$\Gamma_{ijk} = \beta \cdot C_i + \sigma_j \quad (6)$$

й отримати функцію ціни в наближенні фіксованого впливу чинників оточення на характеристики товару:

$$\ln(P_{ijkt}) = \alpha + \delta Z_{kt} + \beta \cdot C_i + \sigma_j + \omega_t + \varepsilon_{ijkt}. \quad (7)$$

Нанотехнологічні характеристики для ринку сонячних елементів. Слід зазначити, що в літературі відсутні детальні статистичні дані щодо складових гедонічної функції ціни, сформованої вище. Нижче наведемо лише деякі міркування, що можуть сприяти подальшому послідовному оцінюванню в рамках запропонованого підходу.

Так, під час здійснення економічного аналізу ціни на сонячні елементи із вмістом нанотехнологічних складових можна якісно відокремити характеристики товару та чинники оточення (рис. 1). При цьому ціна на сонячний елемент є залежною від змінних і параметрів задачі. Крім того, існують приховані внутрішні характеристики нанотехнологічного товару. Наприклад, внесення нанорозмірного проміжного шару в напівпровідниковий сонячний елемент дає змогу підвищити частку перетвореної світлової у корисну електричну енергію з 41 до 63% [5]. Це вплине на характеристику C_i , що в даному випадку відповідає ефективності перетворення «світло – електрика». Відокремлення впливу чинників оточення W_j (наприклад, конкурування з боку ефективності фото-електричного перетворення в полімерних, не напівпровідникових, сонячних елементах із нанорозмірним включенням) дасть можливість сконструювати Γ_{ijk} за виразами (3), (4) чи (6), залежно від взаємозв'язку C_i та W_j .

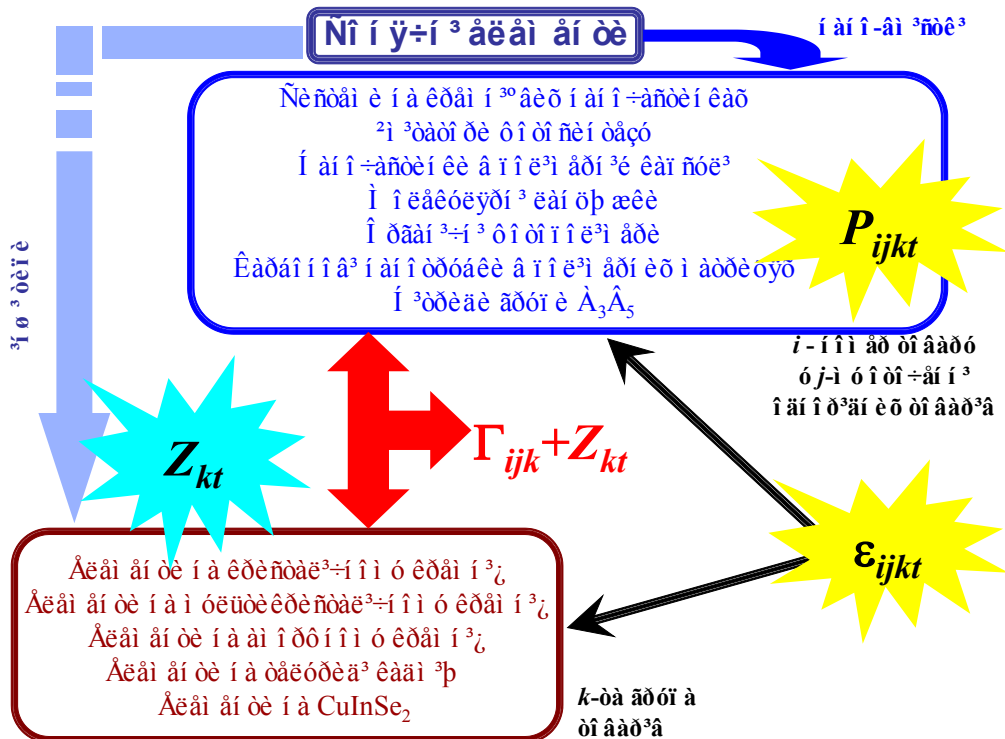


Рис. 1. Етапи реалізації модельної задачі. Типи промислових сонячних елементів [6]

Слід також правильним чином врахувати ефекти ω_i та ε_{ijkl} у виразах (5) та (7). Очевидно, що саме виготовлення нанорозмірної складової та її введення в сонячний елемент передбачає необхідність врахування зовнішніх чинників, пов'язаних із часово-залежним станом супутніх виробництв і технологій.

Проведення послідовного кількісного оцінювання потребує всебічного аналізу ефекту взаємних впливів

чинників (5); (7). Це визначає можливі напрями подальших досліджень.

У даній роботі здійснено аналіз підходу до ціноутворення для двох сонячних панелей – Nanosolar Utility Panel™ #2 та First Solar thin-film panel (табл. 1). У першій з них використовується розроблене фірмою Nanosolar Inc емульсійне покриття із вмістом наночастинок, які є хімічно стабільними, не агломеруються і

Таблиця 1

**Технічні характеристики сонячних панелей
Nanosolar Utility Panel™ #2 та First Solar [7]**

Характеристики	Nanosolar	First Solar	Переваги Nanosolar
Потужність, Вт	160-220	75	Триразове підвищення потужності
Розмір ланцюжка панелі, м	2	1.2	Зменшення на 41% кількості конструкційних матеріалів
Струм, А	6	1	Використання довшої панелі
Робоча напруга, В	1500	1000	Більша загальна довжина панелі
Довжина панелі, м	64	12	Зменшення на 73% з'єднувачів та часу робіт на установку
З'єднувачі	Крайові	Стандартні	На 85% скорочується час на установку панелі
Завантаження у 20-футовий контейнер, кВт	132	40	Зменшення (втричі) витрат на перевезення

за допомогою яких одержують високоякісне покриття. Для другої панелі використовується звичайна тонкоплівкова світлочутлива речовина без нанорозмірної складової.

Дизайн панелі Nanosolar передбачає зменшення ціни завдяки економії коштів на використанні конструкційних матеріалів (характеристика Z_1), робіт з установки панелі (Z_2) та меншої кількості з'єднуючих компонентів (Z_3). Виходимо з найбільш ефективних панелей типу First Solar за ціною 15–20 євроцентів/Вт [7]. Припустимо, що на кожну з уявних панелей з однією з наведених характеристик припадає третина загальної ціни. Тоді маємо (табл. 2):

Характеристика Z_1 . Збільшений в 1.7 раза розмір ланцюжка панелі (дивись табл. 1) обумовлює зменшення на 41% кількості конструкційного алюмінію (чи сталі). Оскільки вартість алюмінієвих (сталевих) конструкцій становить приблизно 70% вартості всіх конструкційних матеріалів [7], відповідний внесок у ціну панелей First Solar – 3,5–4,7, а для панелей Nanosolar – 2,1–2,8 євроцентів/Вт.

Характеристика Z_2 . Установка панелі Nanosolar потребує менших порівняно з First Solar витрат часу на з'єднання ланцюжків і монтування кабелів – відповідно 30 і 85%. Припускаючи рівномірне ціноутворення по цих двох видах робіт, маємо для First Solar по 2,5–3,4, а для Nanosolar – 1,8–2,4 (Z_{21}) та 0,4–0,5 (Z_{22})

євроцентів/Вт відповідно для з'єднання ланцюжків і монтування кабелів.

Характеристика Z_3 . Зменшення кількості з'єднуючих компонентів для Nanosolar становить близько 73% [7], або 1,4–1,8 євроцентів/Вт.

Отримані дані (рис. 2) ілюструють зменшення ціни панелі із застосуванням наночастинок (темні

Таблиця 2

**Цінові характеристики сонячних панелей
Nanosolar Utility Panel™ #2
та First Solar, євроцентів/Вт**

Характеристика	Мінімум	Максимум
Z_1 First Solar	3,5	4,7
Z_1 Nanosolar	2,1	2,8
Z_2 First Solar	2,5	3,4
Z_{21} Nanosolar	1,8	2,4
Z_{22} Nanosolar	0,4	0,5
Z_3 First Solar	5	6,7
Z_3 Nanosolar	1,4	1,8

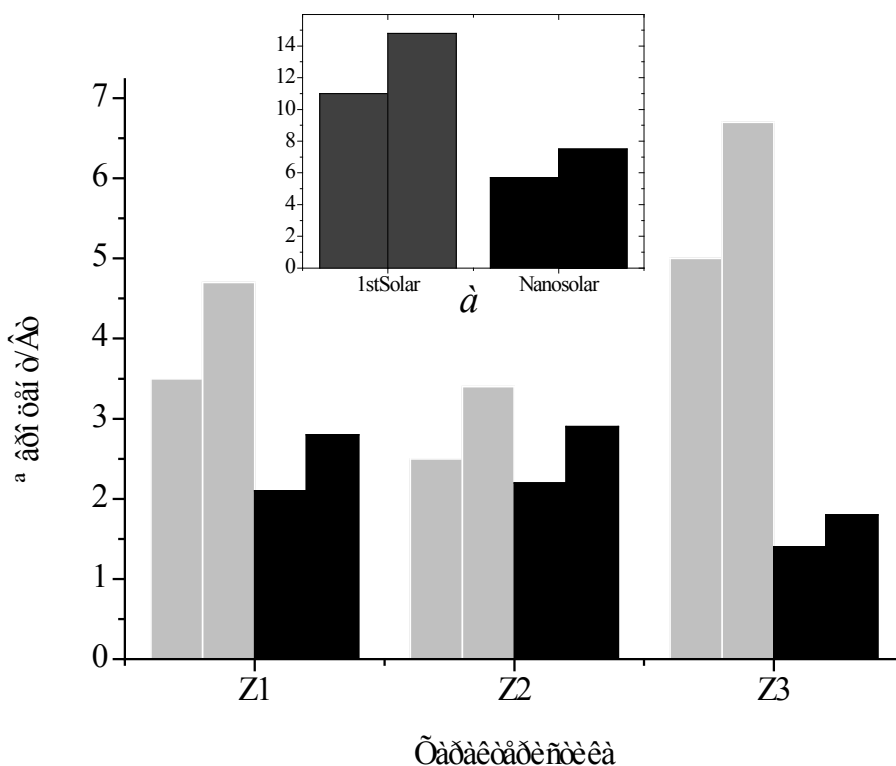


Рис. 2. Графічне зображення даних табл. 2: світлі стовпчики – для панелі First Solar; темні – для Nanosolar ($Z_2 = Z_{21} + Z_{22}$); а – сумарна ціна для двох панелей (мінімальне та максимальне значення)

стовпчики) порівняно з панеллю, створеною на світлочутливій речовині без нанорозмірної складової (світлі стовпчики).

Висновки

Запропоновано методичний підхід до визначення ціни на товари, вироблені з використанням нанотехнологій, який базується на споживчій оцінці продукту з використанням гедонічної функції попиту, а також вирази для гедонічної функції ціни в наближеннях незалежних, частково-залежних і взаємозв'язаних внутрішніх характеристик нанотехнологічного продукту та чинників оточення. Здійснено якісний і спрощений кількісний аналіз реалізації наданої моделі ціноутворення на прикладі сонячних елементів, виготовлених із використанням нанорозмірної складової. Послідовний кількісний опис впливу ефектів внутрішніх характеристик і зовнішніх чинників оточення вимагає проведення подальших досліджень із залученням відповідних статистичних даних.

ЛІТЕРАТУРА

1. Lancaster K. J. Consumer Demand: A New Approach (Study in Economics: No. 5). – New York.: Columbia University Press, 1972. – 177 p.
2. Rosen S. Hedonic prices and implicit markets: Product differentiation in pure competition // The Journal of Political Economy. 1974. – Vol. 82, No. 1. – P. 34–55.
3. Armstrong T. O. Nanomics: the economics of nanotechnology and the Pennsylvania initiative for nanotechnology // Pennsylvania Economic Review. – 2008. – Vol. 16, No. 1. – P. 1–19.
4. Песаран М., Слейтер Л. Динамическая регрессия: теория и алгоритмы. – М.: Финансы и статистика, 1984. – 310 с.
5. Luque A., Martí A. Increasing the efficiency of ideal solar cells by photon induced transitions at intermediate levels // Physical Review Letters. – 1997. – Vol. 78, No. 26. – P. 5014–5017.
6. Luther W. Application of nanotechnologies in the energy sector // Aktionslinie Hessen-Nanotech Series. – 2008. – Vol. 9. – P. 1–83.
7. The Nanosolar Utility Panel™: An Overview of the Technology, White Paper – Nanosolar, Inc., 2009. – 14 p. <http://www.nanosolar.com/sites/default/files/NanosolarUtilityPanel-WhitePaper.pdf>