

ТЕОРІЯ ОПТИМАЛЬНИХ РІШЕНЬ

Фармацевтична фірма, за інших рівних умов, схильна виробляти лікувальні, а не профілактичні засоби. При цьому фірма не завжди максимізує суспільний добробут.

© В.М. Горбачук, Г.О. Шулінок,
2017

Теорія оптимальних рішень. 2017

УДК 519.8

В.М. ГОРБАЧУК, Г.О. ШУЛІНОК

МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ ФАРМАЦЕВТИЧНОЇ ФІРМИ

Вступ. Якщо профілактичні засоби продаються *ex ante*, до з'ясування статусу захворювання, то лікувальні засоби (ліки) продаються *ex post*. Оскільки форма розподілу споживчих характеристик (випадкової величини X , що характеризує імовірність захворювання людей) *ex ante*, може відрізнитися від форми розподілу споживчих характеристик *ex post* (при цьому середні значення можуть бути однакові), то виробничий надлишок (виграш виробника) профілактичного засобу (вакцини) може відрізнитися від виробничого надлишку лікувального засобу. Коли споживачі відрізняються лише ризиком захворювання *ex ante*, то монополісту важче діставати виробничий надлишок вакцини, ніж при виробництві лікувального засобу, бо лікування споживачів, які захворіли, не відрізнятиметься за параметром ризику захворювання. Тоді відношення виробничого надлишку вакцини до виробничого надлишку лікувального засобу може бути як завгодно малим: це має місце, коли розподіл споживчих характеристик має форму Ципфа, а захворювання є рідкісним. Таке відношення може бути як завгодно великим, коли джерело приватної інформації про важкість захворювання стає відомим *ex post*. Ці відмінності виробничих надлишків можуть вести до викривленої мотивації у дослідженнях і розробках, а незворотні втрати від такого викривлення можуть сягати різниці між виробничими надлишками [1]. Калібрування до захворювань на ВІЛ (HIV) і серцевих нападів, основане на факторах ризику населення США, свідчить, що розподіл ризику захворювання є близьким до розподілу Ципфа.

Вищезазначені міркування пояснюють більший виробничий надлишок ліків порівняно з виробничим надлишком вакцин. Емпірично наближення розподілу ризику захворювання до розподілу Ципфа пов'язуються із значно меншою вірогідністю розробки вакцин порівняно з вірогідністю розробки ліків.

У базовій моделі монополярна фармацевтична фірма може виробляти або профілактичний засіб (preventive) $j = p$, або лікувальний засіб (treatment) $j = t$, продаючи його безпосередньо споживачам. Можна показати, що звуження до виробництва єдиного продукту (профілактичного чи лікувального) не зменшує загальності моделі при певних параметричних припущеннях. Цю модель та її ключові результати щодо суспільного добробуту можна поширювати на загальні ринкові структури з конкуруючими постачальниками, із закупівлями для уряду чи інших третіх сторін, з одночасним виробництвом профілактичного та лікувального засобів. Вхід фірми у ринок виробництва засобу (продукту) j вимагає фіксованих витрат k_j на дослідження і розробки (ДіР). Після входу в цей ринок фірма виробляє даний засіб з постійними граничними витратами (cost) c_j .

Припустимо, фірма встановлює ціну p_j на продукт j . Якщо $Q_j(p_j)$ – крива попиту, то надлишок виробника (producer surplus) становить

$$PS_j(p_j) = (p_j - c_j)Q_j(p_j),$$

надлишок споживача (consumer surplus) дорівнює

$$CS_j(p_j) = \int_{p_j}^{\infty} Q_j(x) dx,$$

а загальний надлишок (total surplus) виробника і споживача є їхньою сумою

$$TS_j(p_j) = PS_j(p_j) + CS_j(p_j).$$

Зазначимо, що виробничий і загальний надлишки – це надлишки з погляду ex post, коли витрати на ДіР вважаються незворотними. Однак ці витрати вважаються економічною вартістю з погляду ex ante при плануванні прибутку

$$\Pi_j(p_j) = PS_j(p_j) - k_j$$

та суспільного добробуту (welfare)

$$W_j(p_j) = TS_j(p_j) - k_j.$$

Припустимо, споживачі нейтральні до ризику. До купівлі будь-якого продукту кожний споживач дізнається про свій ризик $x \in [0, 1]$ захворювання, тобто про свою імовірність (probability) \Pr мати захворювання. Нехай x – реалізація випадкової величини X з функцією кумулятивного розподілу $F_X(x)$. Тоді

$$1 - F_X(x) = \Pr(X > x) = \bar{F}_X(x)$$

називають доповнюючою (до 1) функцією для $F_X(x)$. Частка споживачів з ризиком захворювання, не меншим деякого значення x , рівна

$$\Phi_X(x) = \Pr(X \geq x) = \bar{F}_X(x) + \Pr(X = x).$$

Середнє ризику захворювання (поширення захворювання за відсутності профілактичного засобу) становить

$$\mu_x = \int_0^1 x dF_x(x).$$

Вважаємо, що фірма знає розподіл X генеральної сукупності, але не може дискримінувати споживачів за ціною, виходячи з реалізованих значень x . Цінову дискримінацію можна виключити, коли x – приватна інформація споживачів (наприклад, пов’язана з їхньою сексуальною поведінкою чи приватним внутрішньовенним вживанням ліків) чи x – публічна інформація, але дискримінація не допускається внаслідок складності контролю перепродажу, інших адміністративних, інституційних або правничих бар’єрів. Коли споживач має захворювання, не вживав профілактичного засобу чи не отримує лікування, то зазнає шкоди (harm), поточна дисконтована вартість якої становить $h \geq 0$. Якщо споживачі однорідні щодо готовності платити за профілактичний або лікувальний засіб, то вважаємо, що всі споживачі готові платити однакову страхову суму h .

Для простоти вважаємо, що обидва продукти є абсолютно ефективними, мають нульові витрати на виробництво й адміністрування (тобто $c_j = 0$) і не мають побічних ефектів. Нехай дисконтна ставка нормалізована до 0, а сума h нормалізована до 1.

Продукти відрізняються моментом часу свого продажу відносно моменту часу, коли споживач дізнається про те, що він має чи не має захворювання. Щоб зрозуміти вплив моменту часу продажу продукту на здатність фірми доставати надлишок, розглянемо конкретний продукт. Припустимо, фірма розробляє профілактичний засіб $j = p$. Споживач готовий купити цей засіб, якщо його ціна p_p не перевищує сподіваної вартості шкоди, якої уникає споживач, тобто $x \times h = x \times 1 = x$. Продаж за простою лінійною ціною p_p є оптимальним у наборі потенційно складних механізмів, якими можна користуватися для продажу профілактичного засобу [2]. Нехай маса споживачів нормалізована до 1. Тоді маса споживачів, які купують профілактичний засіб, дорівнює $\Phi_x(p_p)$.

Для неперервних розподілів ризику захворювання граничні купівельні рішення споживачів є несуттєвими, бо мають нульову міру. Дискретні та змішані розподіли можуть мати атом при граничному ризику захворювання споживача. Тоді для гарантування існування рівноваги припускаємо, що байдужі (граничні) споживачі приймають такі ж рішення, як і споживачі з вищими ризиками захворювання. Змішані розподіли заслуговують ретельного аналізу, бо змішаним є симетрично зрізаний розподіл Ципфа, що обмежує відношення надлишку виробника. Наслідком останнього припущення є те, що кривою попиту є $\Phi_x(x)$, а не $\bar{F}_x(x)$. Тому попит на профілактику визначається

$$Q_p(p_p) = \Phi_x(x). \quad (1)$$

Нехай фірма розробляє лікувальний засіб $j = t$, який купує споживач після інфікування. Інфіковані споживачі купують цей засіб при $p_t \leq h = 1$. Звідси попит на лікування визначається

$$Q_t(p_t) = \begin{cases} \mu_X, p_t \leq 1; \\ 0, p_t > 1. \end{cases} \quad (2)$$

Монопольна (рівноважна) ціна на продукт $j = p, t$

$$p_j^* = \arg \max_{p_j \geq 0} PS_j(p_j)$$

задає його монопольний обсяг виробництва $q_j^* = Q_j(p_j^*)$, надлишок виробника

$PS_j^* = PS_j(p_j^*)$, суспільний добробут $W_j^* = W_j(p_j^*)$ та сумарний добробут

$$W^* = E_p^* W_p^* + E_t^* W_t^*,$$

де E_j^* – індикаторна змінна про вхід (entry) фірми у виробництво продукту j за рівноваги. Суспільний добробут, генерований різними фармацевтичними продуктами, пов’язується із здатністю монополіста присвоювати собі надлишок через продаж таких продуктів. Зв’язуються здатність до присвоєння надлишку та ефективність: причина того, що поведінка ціноотримувача є вирішальною для першої теореми добробуту загальної рівноваги, – це достатність такої поведінки для здатності постачальників присвоювати весь надлишок, який вони створюють [3, 4]. Присвоєння всього надлишку є необхідною умовою ефективності першого найкращого рішення. Коли процес присвоєння надлишку є простим, то можна визначати межі ефективності рівноваги [3, 4], а коли цей процес є складним, то можна визначати межі неефективності рівноваги, досліджуючи відповідні характеристики продуктів і попиту, які ускладнюють процес [5].

Якщо ціна першого найкращого рішення рівна

$$p_j^{**} = c_j,$$

то відповідний загальний надлишок дорівнює $TS_j^{**} = TS_j(c_j)$, відповідний суспільний добробут становить $W_j^{**} = W_j(c_j)$, а відповідний сумарний добробут –

$$W^{**} = E_p^{**} W_p^{**} + E_t^{**} W_t^{**},$$

де E_j^{**} – індикаторна змінна про вхід фірми у виробництво продукту j за першого найкращого рішення.

Лема 1. У базовій моделі загальний надлишок за першого найкращого рішення (з погляду ex post за умови наявності деякого продукту) не залежить від виробництва продукту p або t :

$$TS^{**} = E_p^{**} TS_p(c_p) + E_t^{**} TS_t(c_t) = \mu_X = \int_0^1 \Phi_X(x) dx.$$

Доведення. В силу припущення $0 = c_p = p_p^{**}$, звідки $PS_p(0) = 0$,

$$TS_p^{**} = TS_p(c_p) = TS_p(0) = PS_p(0) + CS_p(0) = \int_0^{\infty} Q_p(x) dx.$$

Звідси в силу рівності (1)

$$TS_p^{**} = CS_p(0) = \int_0^{\infty} Q_p(x) dx = \int_0^{\infty} \Phi_X(x) dx = \int_0^1 \Phi_X(x) dx.$$

Аналогічно в силу припущення $0 = c_t = p_t^{**}$, звідки $PS_t(0) = 0$,

$$TS_t^{**} = TS_t(c_t) = TS_t(0) = PS_t(0) + CS_t(0) = \int_0^{\infty} Q_t(x) dx.$$

Звідси в силу рівності (2)

$$TS_t^{**} = CS_t(0) = \int_0^{\infty} Q_t(x) dx = \int_0^{\infty} \mu_X dx = \int_0^1 \mu_X dx = \mu_X.$$

Покажемо, що $TS_p^{**} = TS_t^{**}$. Дійсно, інтегруючи за частинами та враховуючи визначення $\bar{F}_X(x)$, маємо

$$\begin{aligned} TS_t^{**} = \mu_X &= \int_0^1 x dF_X(x) = x F_X(x) \Big|_0^1 - \int_0^1 F_X(x) dx = 1 - \int_0^1 F_X(x) dx = \\ &= \int_0^1 [1 - F_X(x)] dx = \int_0^1 \bar{F}_X(x) dx = \int_0^1 \Phi_X(x) dx. \end{aligned}$$

Оскільки $\bar{F}_X(x)$ відрізняється від $\Phi_X(x)$ якнайбільше на зліченній множині значень x , то їхні інтеграли Рімана рівні. Доведення завершено.

Отже, у базовій моделі соціальний плановик не має підстав надавати перевагу тому чи іншому продукту за першим найкращим рішенням. Оскільки обидва продукти дають однаковий загальний надлишок, то плановик розроблятиме продукт j з нижчою вартістю k_j ДіР. Хоча при захворюванні існує два потенційні продукти, лема 1 однозначно визначає надлишок за першого найкращого рішення на ринку, де обидва продукти абсолютно ефективні, мають нульові витрати виробництва і не мають побічних ефектів, обсяг шкоди від захворювання нормалізований до 1, а загальний тягар від захворювання становить μ_X : кожний продукт може генерувати рівний цьому тягарю надлишок за першого найкращого рішення.

Рівноважний вибір фірми просто характеризується у даній базовій моделі:

фірма розробляє продукт p при $\Pi_p^* \geq \max\{0; \Pi_t^*\}$;

фірма розробляє продукт t при $\Pi_t^* \geq \max\{0; \Pi_p^*\}$;

фірма не розробляє продукт p або t при $\max\{\Pi_t^*; \Pi_p^*\} < 0$.

Фірма не розробляє обидва продукти, бо в силу співвідношення (2) оптимальна ціна лікування p_t^* дорівнює 1, $Q_t(p_t^*) = \mu_X$, тобто фірма продає всім споживачам (обсяг продажу дорівнює середньому поширенню захворювання за відсутності профілактичного засобу), які захворіли,

$$PS_t^* = PS_t(p_t^*) = (p_t^* - c_t)Q_t(p_t^*) = (1 - 0) \times \mu_X = TS^{**}, \quad (3)$$

що не залишає місця розробці профілактичного засобу в рамках базової моделі: фірма, здатна доставати весь загальний надлишок за рахунок продажу лікувального засобу, не має причин збільшувати свої витрати на розробку профілактичного засобу. Якщо профілактичний і лікувальний продукти не є досконало безпечними чи ефективними, то фірма може виробляти обидва продукти.

Лема 1 доводить, що соціальний плановик не має підстав віддавати перевагу одному продукту відносно іншого. Проте монополіст може надавати перевагу виробництву ліків, якщо на ринку ліків краще доставати виробничий надлишок.

Твердження 1. В рамках базової моделі фармацевтичного ринку фірма виробляє профілактичний засіб лише тоді, коли це є соціально ефективним як за рівноважним, так і за першим найкращим рішенням. Існують випадки, в яких фірма розробляє лікувальний засіб, хоча соціально ефективною є розробка профілактичного засобу.

Доведення. Фірма розробляє профілактичний засіб за рівноваги при

$$\Pi_p^* \geq \max\{0; \Pi_t^*\}. \quad (4)$$

За визначенням, для $j = p, t$ маємо

$$\begin{aligned} W_j^{**} \equiv W_j(p_j^{**}) &= TS_j(p_j^{**}) - k_j \geq W_j^* \equiv W_j(p_j^*) = TS_j(p_j^*) - k_j = \\ &= PS_j(p_j^*) + CS_j(p_j^*) - k_j = \Pi_j(p_j^*) + CS_j(p_j^*) \geq \Pi_j(p_j^*) \equiv \Pi_j^*. \end{aligned} \quad (5)$$

Користуючись рівнянням (3),

$$\Pi_t^* \equiv PS_t(p_t^*) - k_t \equiv W_t^* = TS^{**} - k_t = W_t^{**},$$

звідки в силу співвідношень (4), (5) випливає

$$W_p^{**} \geq W_p^* \geq \Pi_p^* \geq \max\{0; \Pi_t^*\} = \max\{0; W_t^*\} = \max\{0; W_t^{**}\}.$$

Отже, розробка профілактичного засобу є суспільно ефективною як при рівноважних цінах p_p^* , p_t^* , так і при цінах p_p^{**} , p_t^{**} першого найкращого рішення.

Залишається навести приклад, де фірма розробляє лікувальний засіб ($\Pi_t^* > \Pi_p^*$), хоча соціально ефективною є розробка профілактичного засобу ($W_p^* > W_t^*$ та $W_p^{**} > W_t^{**}$). Справді, для рівномірного розподілу X на $[0, 1]$, $k_p = 0$, $k_t = 0.2$ монопольна (рівноважна) ціна

$$p_p^* = \arg \max_{p_p \geq 0} PS_p(p_p)$$

на продукт p визначається з максимізації функції виробничого надлишку

$$PS_p(p_p) = (p_p - c_p)Q_p(p_p) = (p_p - 0)(1 - p_p),$$

звідки $p_p^* = 0.5$. Тоді

$$\Pi_p^* = PS_p(p_p^*) - k_p = (p_p^* - c_p)Q_p(p_p^*) - 0 = (0.5 - 0)(1 - 0.5) = 0.25,$$

$$\begin{aligned} W_p^* &\equiv W_p(p_p^*) = TS_p(p_p^*) - k_p = PS_p(p_p^*) + CS_p(p_p^*) - k_p = \\ &= \Pi_p^* + \int_{p_p^*}^{\infty} Q_p(x) dx = 0.25 + \int_{0.5}^1 (1 - x) dx = 0.25 + (x - 0.5x^2) \Big|_{0.5}^1 = \\ &= 0.25 + (1 - 0.5 \times 1^2) - (0.5 - 0.5^3) = 0.25 + 0.5 - 0.5 + 0.225 = 0.375; \end{aligned}$$

$$\Pi_t^* = W_t^* = W_t^{**} = 0.3 < 0.375 = W_p^* < 0.5 = W_p^{**}.$$

Твердження доведено. Таким чином, фармацевтична фірма, за інших рівних умов, схильна виробляти лікувальні, а не профілактичні засоби.

В.М. Горбачук, Г.А. Шулинок

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ФИРМЫ

Фармацевтическая фирма, при прочих равных условиях, склонна производить лечебные, а не профилактические средства. При этом фирма не всегда максимизирует общественное благосостояние.

V.M. Gorbachuk, G.O. Shulinok

MODELING OF BEHAVIOR FOR A PHARMACEUTICAL FIRM

A pharmaceutical firm, ceteris paribus, is inclined to producing treatments rather than preventives. The firm not always is maximizing the social welfare.

1. Горбачук В.М., Рошупкін І.Ю. Функції Кобба–Дугласа для галузей державного управління та охорони здоров'я України у 2007–2009 рр. *Актуальні проблеми економіки: теоретичні та практичні аспекти*. Ч. II. Дніпропетровськ: Перспектива, 2012. С. 25–29.
2. Harris M., Raviv A. A theory of monopoly pricing schemes with demand uncertainty. *American economic review*. 1981. **71**. P. 347–365.
3. Makowski L., Ostroy J.M. Appropriation and efficiency: a revision of the First Theorem of welfare economics. *American economic review*. 1995. **85**. P. 808–827.
4. Makowski L., Ostroy J.M. Perfect competition and the creativity of the market. *Journal of economic literature*. 2001. **39**. P. 479–535.
5. Cremer M., Snyder C.M. Preventives versus treatments. *Quarterly journal of economics*. 2015. 130 (3). P. 1167–1239.

Одержано 14.03.2017