

**Щетілова Т.В., Павлиш Е.В., Славінська Л.В.**  
*Інститут економіки промисловості НАН України,  
Донецький національний технічний університет, Україна*

## **Використання комп'ютерних технологій для аналізу розрахунків екстерналій інноваційного розвитку макроекономічних систем**

*Ціллю даного дослідження постає побудова алгоритму та комп'ютерної програми для автоматизації розрахунків екстернальних ефектів інноваційного розвитку макроекономічних систем на основі адекватної моделі.*

У даному дослідженні продовжено ідеї наукового підходу з ендогенного зростання Шумпетера Й. і засновано на методологічному підході Коррів'ю Л. [6, 7], згідно з яким ендогенне зростання в агрегованих результатах від темпів інновацій розповсюджується від кожного і в кожний сектор економіки. Дослідження постає розвитком наукових джерел із патентними змаганнями в тому, що має відношення до *процесу* інновацій, на відміну від Ромера П. [8] та Гроссмана Дж. і Хелпмана Е. [9], які вважали інноваційним *продукт*.

Доцільність застосування зазначеного методологічного підходу обумовлена декількома важливими положеннями (припущеннями), які, між тим, наближені до фактичних умов. По-перше, інноваційні відкриття (впровадження) припускаються *стохастично* незалежними ендогенними подіями, що відбуваються або не відбуваються у секторі, двох або багатьох (це положення постає важливим відхиленням від джерел із патентною конкуренцією). По-друге, у запропонованій моделі знайдено зручне для аналітичних цілей припущення про *дискретний* часовий каркас, важливою перевагою якого постає те, що окремі інновації можуть відбуватися *одночасно* із позитивною ймовірністю. Одночасні інновації (як результат припущення щодо дискретності часу) підвищують екстернальні ефекти і відрізняються від тих, що досліджені, коли інновації постають послідовними. По-третє, припущено, що потенційний інноватор ніколи реально не знає, чи буде він

успішним, на відміну від Ромера П. [1, 2], який припустив *детерміністичним процес придбання знань*. Що постульовано взамін: чим більше ресурсів інноватор витрачає, тим більш вірогідно він впроваджує новації. Ще однією із важливих переваг зазначеної моделі постає та обставина, що в ній зв'язано разом три процеси на відміну від багатьох ендогенних моделей: споживання, виробництво й інновації, між секторами і у часі, ринкові структури надано ендогенними, і припущено, що їх еволюція залежить від результативності серій інноваційних змагань.

Припущеннями моделі постають: логарифмічні преференції у споживанні і постійна віддача від масштабу у виробництві. Останнє припущення відрізняється від широко-розповсюдженого економічного екстернального ефекту у виробництві, знайденого Ромером П. (1986 р.), Болдріном М. (1992 р.) і Грінвалдом Б. та ін. (1990 р.). Запропонована для використання модель відноситься до нового класу моделей, за допомогою якої технічно виконується експліцитна агрегація, що постає результатом вдалого об'єднання мікро- і макрорівнів.

Для досягнення поставленої мети здійснюється вирішення наступних задач.

1. Формування функції ймовірності відкриття у залежності від наявних ресурсів.

- 1.1 Вихідні припущення.

Передбачається, що на початку будь-якого періоду кожний з учасників має можливість залучення ресурсів до процесу інновацій в одному, і тільки в одному секторі.

Припускається, що коли процес здійснюється, інновації приведуть до відносного покращення в технології.

Передбачається, що процес інновацій має випадковий (ймовірнісний) характер. Виходячи із того, що індивідуальні відкриття – стохастично незалежні події, припускається, що ймовірність інноваційного відкриття

(заходу) в період  $t$  індивідуумом визначається функцією  $f(s_t)$  ( $s_t$  – ресурси, розміщені згідно з найденими індивідуумом можливостями).

## 1.2 Обґрунтування функціональної залежності.

Припускається, що створювана функція  $f(s_t) \in C^2$  і задовольняє умовам:

- $f(0) = 0$ ;
- $f(s_t) \geq 0, s_t \in [0; s_{t\max}]$ ;
- $f(s_t) < 1$  при  $s_t \in (0; s_{t\max})$ ;
- $f'(s_t) > 0$ ;
- $f''(s_t) < 0$ .

Аналізуючи наведені умови, можна зробити висновок, що  $f(s_t)$  має властивість „насичення”, тобто  $\lim_{s_t \rightarrow \infty} f(s_t) = 1$ . Графічно це відображається на

рис.1.

Поставленим умовам найбільш повно відповідає функція:

$$f(s_t) = 1 - e^{-ks_t}, \quad k > 0.$$

Тоді маємо:  $f(0) = 1 - e^0 = 0$ ;

$$e^{-ks_t} < 1 \text{ при } k > 0, s_t > 0;$$

$$f(s_t) = 1 - e^{-ks_t} > 0 \text{ при } s_t \in (0; \infty).$$

Отже,  $f(s_t) \geq 0$  при  $s_t \in [0; \infty)$ , таким чином, при  $s_t \in [0; s_{t\max}]$ ;

$$f'(s_t) = (1 - e^{-ks_t})' = ke^{-ks_t} > 0 \text{ (при } k > 0), \text{ а } f''(s_t) = -k^2 e^{-ks_t} < 0.$$

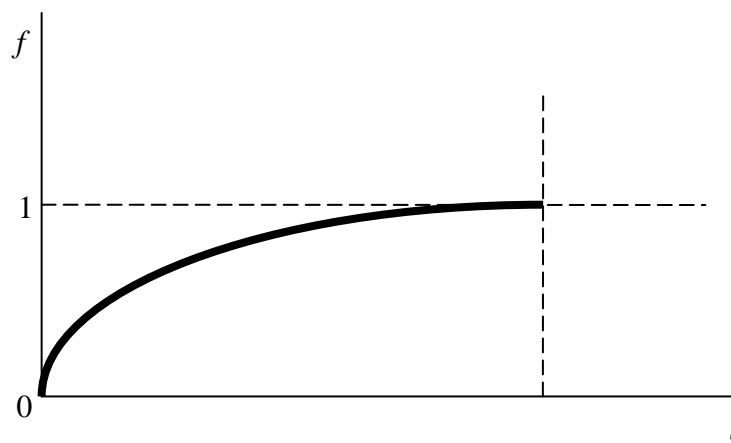


Рис. 1. Функціональна залежність  $f(s_t)$  ймовірності інноваційного відкриття

Вибір коефіцієнту раціонально провести згідно лінійного принципу:

$$k = \frac{f_{\max} - f_{\min}}{s_{t\max} - s_{t\min}}.$$

З достатньою для практики точністю можна прийняти:

$$f_{\max} = 1, f_{\min} = 0, s_{t\min} = 0, \text{ тоді } k = \frac{1}{s_{t\max}}.$$

2. Порядок розрахунків.

2.1. Базове співвідношення.

З'єднання у дослідженні трьох видів економічних складових: споживання, виробництва й інноваційної діяльності із припущенням щодо залежності еволюції ринкових структур від серії інноваційних змагань дозволило за допомогою моделі отримати *результати*:

інтерпретувати в ймовірнісних величинах промислову організацію економіки; визначити детерміновану ймовірність розподілення цін; здійснити експліцитну агрегацію, що дозволило вирішити проблему репрезентативного підприємництва і таким чином з'єднати мікро- і макрорівні; визначити умови довгострокового економічного зростання у стаціонарній рівновазі; ідентифікувати стратегічні екстернальні ефекти від інновацій та їх вплив на паттерни економічного зростання; визначити умови різної якісної спрямованості макроекономічного розвитку.

В результаті вирішення проблеми репрезентативного підприємництва отримано рівняння (1) з економічним сенсом: інвестиції врівноважуватимуть маржинальний темп заміщення між поточним і майбутнім споживанням і маржинальний темп повернення інвестицій в інновації. Алокація репрезентативного агентського ресурсу може бути сприйнятою як інвестиції у стохастичний актив, темпи повернення яких коливаються із станом суспільства, ймовірність здійснення кожного індивідуальної події залежить як від діяльності



Основний блок розрахунків здійснюється для кожного періоду згідно до наступної системи співвідношень:

$$1. k = \frac{f_{\max} - f_{\min}}{s_{t \max} - s_{t \min}}$$

$$2. f(s_t) = 1 - e^{-ks_t}$$

$$3. f'(s_t) = ke^{-ks_t}$$

$$4. m_t = Af(s_{t-1})(1 - f(s_{t-1}))^{A-1}$$

$$5. c_t = 1 - m_t - (1 - f(s_{t-1}))^A$$

$$6. E_{p\delta}^n = \left( \frac{1}{1+q} \right)^{m_t}$$

$$7. E_{p\delta}^{o\delta} = \left( \frac{1}{1+q} \right)^{c_{t+1}}$$

$$8. E_{az.n.} = \frac{H_t - \frac{s_{t+1}}{i_{t+1}}}{s_{t \max}}$$

$$9. V_3' = AqE_{az.n.}$$

$$10. E_{uz.} = [1 + (1 - m_{t+1})q]$$

$$11. E_k = [1 - f(s_t)]^{A-1}$$

$$12. V_5 = f'(s_t) \cdot E_k$$

$$13. \beta = \frac{1}{(1+r)^t}; \quad E = E_{p\delta}^n \cdot E_{p\delta}^{o\delta} \cdot \frac{1}{\beta}$$

$$14. E_1 = \frac{V_3'}{E_{uz.}} \cdot V_5$$

$$15. ESL = E_{p\delta}^n + E_{p\delta}^{o\delta} + E_{az.n.}$$

$$16. ESR = E_{uz.} + E_k$$

$$17. DIF = ESL - ESR.$$

$$18. RS = \begin{cases} 0, E_{azn} < 0 \text{ т } DIF > 0 \\ 1, E_{azn} > 0 \text{ т } DIF > 0 \\ 2, E_{azn} > 0 \text{ т } DIF < 0 \\ 3, E_{azn} < 0 \text{ т } DIF < 0 \end{cases}$$

В результаті проведеного у дослідженні аналізу встановлено економіко-математичні умови щодо позитивного макроекономічного розвитку із різною цільовою спрямованістю. Зростання у динаміці ефекту агрегованого попиту свідчатиме про більшу соціальну спрямованість макроекономічного розвитку. Якщо цілі макроекономічного розвитку - підвищення стимулів до інноваційних впроваджень і економічне зростання, то *умовою інноваційної спрямованості економічного розвитку МЕС* з об'єктивною можливістю збільшення інноваційної сприйнятливості економіки засобами впливу на керовані змінні постає: сума ефектів реального доходу і Шлейфера (навіть за умови

негативного впливу ефекту Шлейфера на інноваційне стимулювання) має перевищувати суму ефектів конкуренції і агрегованого попиту. Якщо ціллю розвитку МЕС постає соціальний добробут, то умовою такого розвитку постане превалювання суми ефекту агрегованого попиту і ефектів реального доходу над ефектами Шлейфера і конкуренції (умову відображено в наведеному вище алгоритмі пп. 15 – 18). Виходячи із того, що перший ефект найбільш впливовий щодо соціального добробуту, вагомим доповненням до вище зазначеного постає умова позитивності його величини.

Результати розрахунків наводяться у вигляді таблиці 2

Таблиця 2. Розрахункові дані щодо екстернальних ефектів інноваційного макроекономічного розвитку

№ п/п (k)	$m_t$	$c_t$	$\beta$	$E_{pd}^l$	$E_{pd}^{od}$	$E_{agn}$	$V_3'$	$E_{инл}$	$E_k$	$V_5$	$E$	$E_I$	$ESL$	$ESR$	$DIF$	$RS$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1																
.																
.																
n																

Як бачимо, застосування даної методики оцінювання призводить до необхідності виконання великої кількості рутинних розрахунків, що робить актуальним використання комп'ютера.

Програмна реалізація наведеної системи дає можливість отримання широкого спектру чисельного матеріалу, що є фактичною інформацією для цілеспрямованого аналізу ситуації.

### 3. Алгоритм додаткового аналізу інформації.

На базі основного блоку пропонується алгоритм дослідження інформації з метою отримання додаткових даних. Ідея одного з можливих варіантів полягає в наступному.

В цілях забезпечення досліджених умов потребується обґрунтований вибір керуючих і керованих параметрів з метою коригування останніх за допомогою використання відповідного програмного продукту.

З ціллю забезпечення певної якісної спрямованості розвитку макроекономічних систем, що відповідає дослідженим умовам, і управління таким розвитком потребується обґрунтування керуючих і вибір керованих параметрів.

Виділимо два параметри  $s_t$  і  $q$  як керуючі, задамо для них інтервали зміни та крок зміни:

$$s_{t_H} \leq s_t \leq s_{t_k}, \Delta s;$$

$$q_H \leq q \leq q_k, \Delta q.$$

Для кожного сполучення  $(s_t; q)$  виконуються розрахунки за основним блоком та знаходиться пара  $(\bar{s}_t; \bar{q})$ , для яких має місце мінімальне значення різниці  $DIF$ .

Блок-схема алгоритму наведена на рис.2.

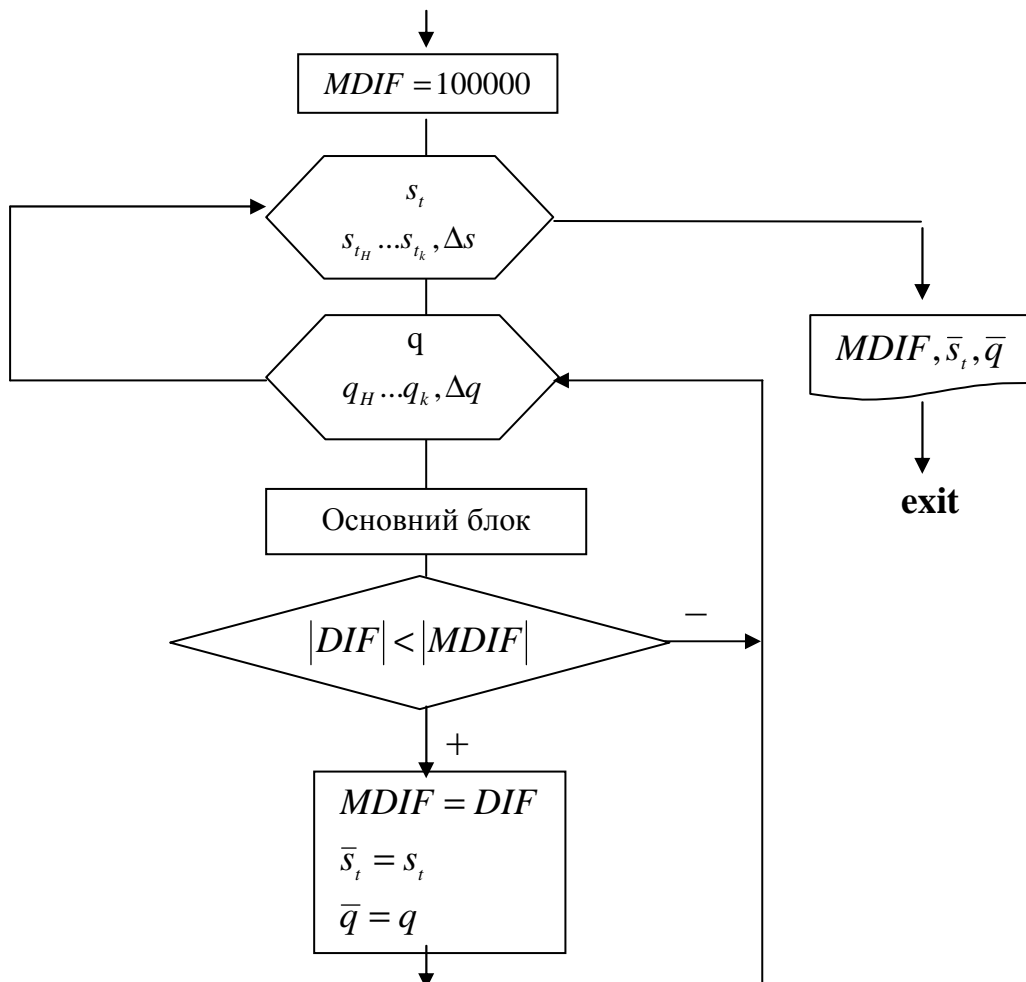




Рис. 2. Блок-схема алгоритму додаткових розрахунків із застосуванням керуючих параметрів

*Висновки та перспективи подальших розвідок у даному науковому напрямі.*

Запропонований математичний апарат у сукупності з комп'ютерним супроводженням дозволяє робити досить різноманітні модифікації розрахунків не тільки безпосередньо екстернальних ефектів макроекономічного розвитку на основі інновацій, але й визначати необхідне співвідношення керуючих і керованих параметрів такого розвитку для забезпечення визначених у дослідженні умов його різної якісної спрямованості.

Література:

1. Romer P. Increasing returns and long-run growth // Journal of Political Economy. – 1986. - Vol. 94. – P. 1002 – 1037.
2. Romer P. Endogenous technological change // Journal of Political Economy. – 1990. – Vol. 98. – P. S71 – S102.
3. Lucas R. On the mechanics of economic development // Journal of Monetary Economics. – 1988. - Vol. 22. – P. 3 – 42.
4. Aghion P. and Howitt P. A model of growth through creative destruction // Econometrica. – 1992a. - Vol. 60. – P. 323 – 351.
5. Segerstrom P., Anant T.C. and Dinopoulos E. A Schumpeterian model of product life cycle // American Economic Review. – 1990. - Vol. 80. – P. 1077 – 1091.
6. Corriveau L. Entrepreneurs, growth and cycles. Doctoral dissertation, University of Western Ontario. – 1991.
7. Corriveau L. Entrepreneurs, growth and cycles // Economica. – 1994. – Vol. 61. – P. 1 – 15.

8. Romer P. Endogenous technological change // Journal of Political Economy.  
– 1990. – Vol. 98. – P. S71 – S102.

9. Grossman G. and Helpman E. Quality ladders in the theory of growth // Review of Economic Studies. – 1991. – Vol. 58. – P. 43 – 61.