

КОМП'ЮТЕРНА ПІДТРИМКА РОЗРАХУНКІВ ЕКСТЕРНАЛІЙ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ МАКРОЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ

Щетілова Т.В., к.е.н., с.н.с., старш. наук. співр. Інституту економіки промисловості НАН України

Павлиш Е.В., к.е.н., доцент Донецького національного технічного університету

Славінська Л.В., старш. викладач Донецького національного технічного університету

Постановка проблеми. Інновації як ендогенний чинник макроекономічного розвитку та екстернальні ефекти, які вони генерують, активізують позитивний зворотний зв'язок. Враховуючи зворотні зв'язки, екстернальні ефекти безпосередньо впливають на механізм розвитку, обумовленого внутрішньою природою макросистеми. З цієї причини екстерналії можуть застосовуватися як чинник впливу на напрям траєкторії розвитку макроекономічної системи (МЕС). Більш того, екстерналії мають враховуватися для більш точного визначення обсягу суспільного продукту.

Системність економічних оцінок полягає у відображенні відповідності внутрішньої структури макроекономічних систем (МЕС) її функціональному призначенню. Часові запізнювання між зрушеннями структури, враховуючи її інертний характер, і функціями МЕС призводять до негативних тенденцій економічного розвитку. Не дивлячись на те, що екстернальні ефекти мають зовнішній характер, за походженням вони функціональні, мають свою ендогенну функціональну природу. Зовнішні ефекти пов'язані із корисністю і об'єктивною необхідністю виробництва благ для задоволення потреб окремих індивідуумів і суспільства, в економіко-математичному сенсі – із взаємозалежністю функції корисності і виробничої функції.

В процесі організації інноваційної діяльності МЕС важливо передбачати її можливі наслідки і екстернальний вплив. Оскільки математичні моделі, за допомоги яких можна побудувати систему відповідних аналітичних залежностей, що дають чисельні результати, є у більшості нелінійними і належать до складного типу, виникає необхідність застосування комп'ютерної техніки. В цьому зв'язку *проблема визначення екстернальних ефектів макроекономічного розвитку на основі інновацій та їх розрахунків, що має як наукове, так і практичне значення, із використанням відповідних комп'ютерних програм* є актуальною.

Аналіз попередніх досліджень із цієї проблеми свідчить, що, по-перше, класичні макроекономічні моделі не в повному ступеню містять опис інноваційного економічного розвитку; по-друге, розвиток макроекономічної системи знаходиться під впливом дуже різноспрямованих і різноманітних, до того ж взаємозалежних чинників, що створює додаткові труднощі щодо емпіричного підтвердження тих чи інших макроекономічних моделей; по-третє, достатньо важко простежити взаємозв'язок між інноваційними результатами і економічною динамікою, тому що на макроекономічному рівні вони дуже опосереднені; по-четверте, існувала проблема узгодження формалізованих економічних моделей із доцільними економічними інноваціями, що приводила би до підвищення продуктивності всіх факторів виробництва (в цьому виявлялася суперечність між спільністю застосування макро- і мікроекономічних моделей). Цю суперечність з початку 80-х рр. минулого сторіччя вирішили моделі нового класу із припущенням щодо виникнення екстернальних ефектів, що представлені працями Ромера [1, 2], які містили сучасні методи

“неконкурентної” рівноваги, в яких платежі за фактори виробництва вже не мали дорівнювати сукупному продукту, і національна економічна політика була спроможною впливати на темпи довгострокового зростання у сталому стані. Розвитком такого підходу постали праці Лукаса Р. [3], Сегерстрома П. [4], Агійона Ф. і Хоувітта П. [5].

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

Основні результати досліджень. Спільність макроекономіки і мікроекономіки існує вже декілька десятиліть. Сучасна теорія економічного зростання виникла ще у 1956 році із появою моделі Р.Солоу, заснованою на моделі Харрода-Домара. Без особливого ентузіазму сприймалися спочатку наукові досягнення з ендогенного зростання на початку 80-х рр. ХХ ст. Однак саме ці нові ендогенні моделі вирішили вище зазначену суперечність між макро- і мікроекономічними моделями у доцільності їх використання. Враховуючи дане зауваження, більш придатними для таких цілей постають моделі мікроекономічні або галузевого характеру, що містять основні характеристичні особливості інноваційного економічного розвитку.

У даному дослідженні продовжено ідеї наукового підходу з ендогенного зростання Шумпетера Й. і засновано на методологічному підході Коррив’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 знайденими 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 $s_t \in [0; s_{t \max}]$;

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

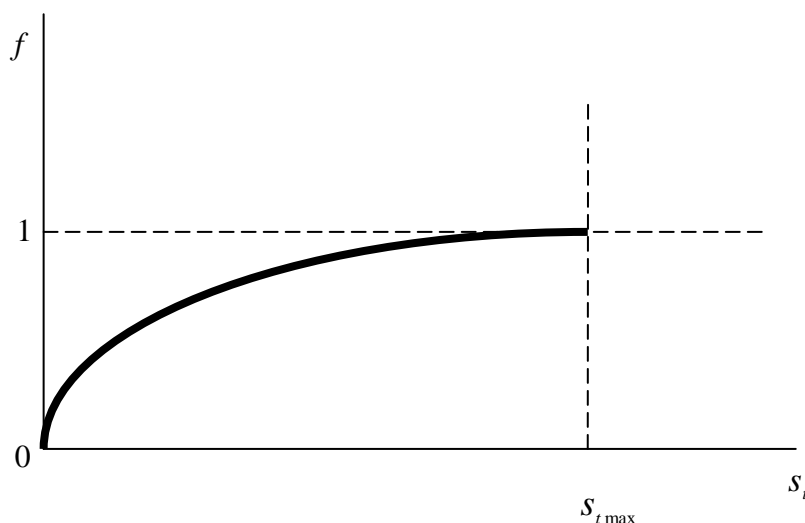


Рис. 1. Функціональна залежність $f(s_t)$ ймовірності інноваційного відкриття

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: $f_{\max} = 1, f_{\min} = 0, s_{t\min} = 0$,
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 підприємця, так і від діяльності ринку. Складові отриманого рівняння постають окремими ефектами: лагового реального доходу E_{pd}^n і одночасного реального доходу E_{pd}^{od} (ліва частина), “ефект Шлейфера” $E_{инт.}$, “ефект конкуренції” E_k , “ефект агрегованого попиту” $E_{аг.п.}$ (права частина). Математично розрахунки базуються на співвідношенні:

$$\left(\frac{1}{1+q}\right)^{m_t} \left(\frac{1}{1+q}\right)^{c_{t+1}} \cdot \frac{1}{\beta} = \frac{1}{1+(1-m_{t+1})q} \cdot Aq \frac{H_t - s_{t+1} / i_{u_{t+1}}}{s_{t\max}} \cdot f'(s_t) [1 - f(s_t)]^{A-1}, \quad (1)$$

де A – кількість учасників (промислових підприємств);

q – показник відносного покращання технологій;

H_t – фонд накопичення в чистому прибутку підприємств;

s_t – фактичні інноваційні витрати в даному періоді;

$s_{t\max}$ – чистий прибуток підприємств;

$s_{t\min}$ – нульовий параметр (інноваційні заходи не проводяться);

r – відсоткова ставка;

i_u – показник індексу цін ;

β, m_t, c_t – допоміжні характеристики, які розраховуються для кожного періоду;

t – часовий параметр.

2.2 Алгоритм розрахунків.

Початкова інформація надається таблицею 1.

Таблиця 1.

Вихідні дані для розрахунків екстермальних ефектів

№ п/п (k)	Період (рік)	s_{tmax}	s_{tmin}	s_t	A	q	H_t	r	i_y	f_{max}	f_{min}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1											
⋮											
n											

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 стане 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	β	$E_{p\delta}^a$	$E_{p\delta}^{od}$	E_{agn}	V_3'	$E_{шл}$	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_i і q як керуючі, задамо для них інтервали зміни та крок зміни:

$$s_{iH} \leq s_i \leq s_{iK}, \Delta s;$$

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

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

Блок-схема алгоритму наведена на рис.2.

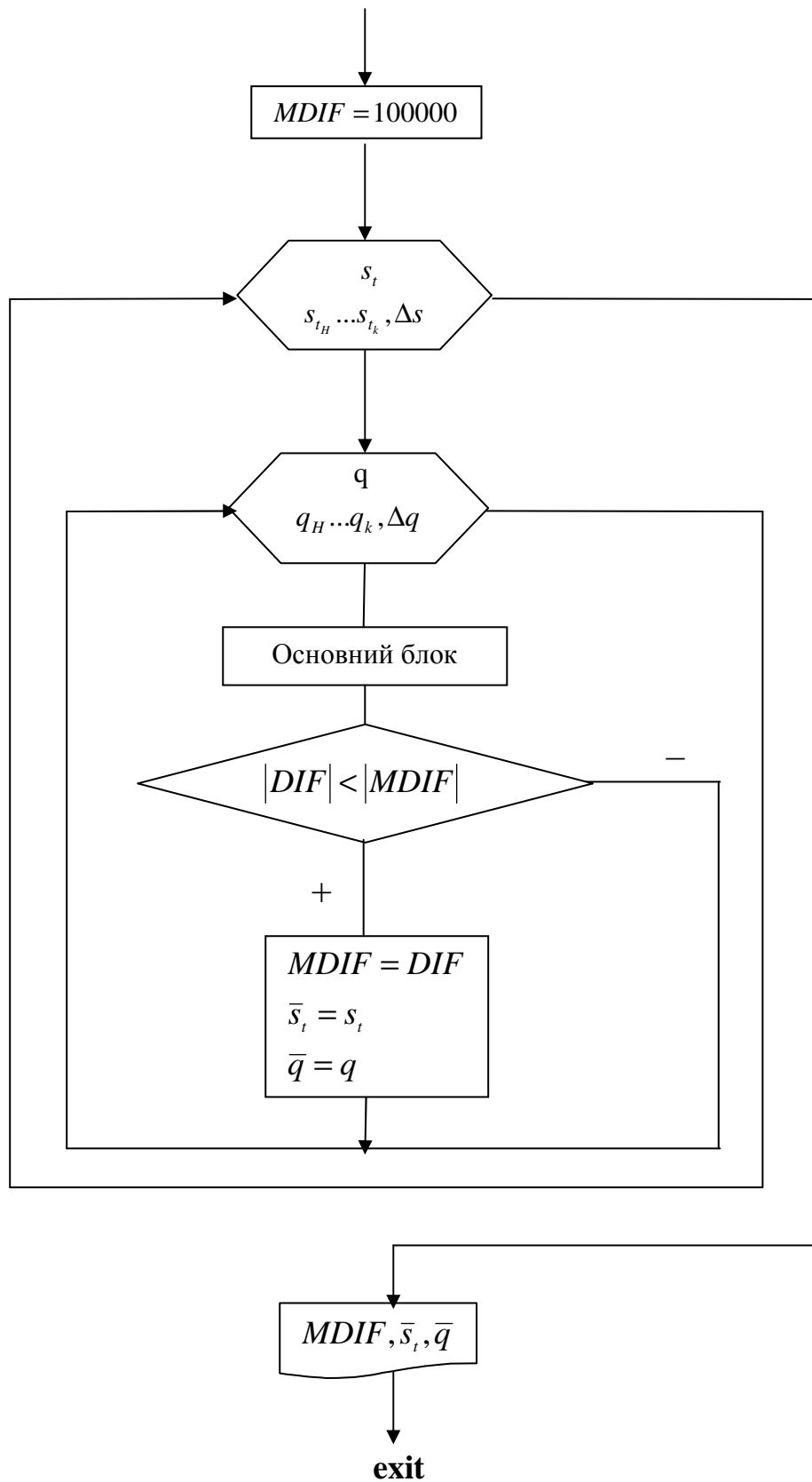


Рис. 2. Блок-схема алгоритму додаткових розрахунків із застосуванням керуючих параметрів

Висновки та перспективи подальших розвідок у даному науковому напрямі.

Розроблений алгоритм та програма дозволяють оперативно виконувати чисельний аналіз великого обсягу розрахункового матеріалу, не відволікаючись на рутинні дії. 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. Рекомендований підхід може застосовуватися для вирішення певного кола задач економічного аналізу та управління економічним розвитком в цілях його спрямування у заданому напрямі.

РЕЗЮМЕ

Запропоновано застосування адекватної ендогенної моделі із патентними змаганнями з ціллю оцінювання екстернальних ефектів інноваційного розвитку макроекономічних систем. Рекомендовано застосування комп'ютера для автоматизації розрахунків таких ефектів. Отримано математичні умови щодо позитивного макророзвитку із різною цільовою спрямованістю. Запропоновано відповідну блок-схему алгоритму таких розрахунків.

Ключові слова: блок-схема, екстернальні ефекти, ендогенні моделі, макроекономічні системи, інноваційний розвиток.

РЕЗЮМЕ

Предложено применение адекватной эндогенной модели с патентными соревнованиями с целью оценивания экстернальных эффектов инновационного развития макроекономических систем. Рекомендовано применение компьютера для автоматизации расчетов таких эффектов. Получены математические условия позитивного макроразвития с разной целевой направленностью. Предложена соответствующая блок-схема алгоритма таких расчетов.

Ключевые слова: блок-схема, экстернальные эффекты, эндогенные модели, макроекономические системы, инновационное развитие.

REFERENCES

The using of the adequate endogenous model's with patent races using aimed external effects' evaluation of the innovation development of the macroeconomic systems has been suggested. The application of computer for automation of such effects' calculations has been recommended. The mathematical conditions of the positive macro-development with different purpose's directions have been received. The corresponding bloc-scheme of such calculations has been suggested.

Key words: bloc-scheme, external effects, endogenous models, macroeconomic systems, innovation development.

Список використаних джерел

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.

**Комп'ютерна підтримка розрахунків екстерналій інноваційного розвитку
макроекономічних систем**

Щетілова Т.В., Павлиш Е.В., Славінська Л.В.

**Компьютерная поддержка расчетов экстерналий инновационного развития
макрэкономических систем**

Щетилова Т.В., Павлыш Э.В., Славинская Л.В.

**The Computer's Support of the External's Calculations of the Innovation
Development of the Macroeconomic Systems**

Shchetylova T., Pavlish E., Slavinska L.