

УДК 330.34:004

Кононова К.Ю.

кандидат економічних наук,
доцент кафедри економічної кібернетики та прикладної економіки
Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна

ЕКОНОМІЧНА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ ГІПОТЕЗ ПОСТ-СИНТЕТИЧНОЇ ТЕОРІЇ ЕВОЛЮЦІЇ

THE ECONOMIC INTERPRETATION OF POST-SYNTHETIC THEORY OF EVOLUTION HYPOTHESES

АНОТАЦІЯ

Еволюційна концепція стрімко набирає популярність серед економістів, але, на відміну від пост-синтетичної теорії еволюції, перелік основних положень якої є відносно сталим, в еволюційній економічній теорії поки не сформувався остаточний корпус її постулатів. В роботі запропоновано економічну інтерпретацію гіпотез пост-синтетичної теорії еволюції. Для перевірки їх адекватності розроблено припущення алгоритмічної моделі еволюції популяції економічних агентів-носіїв технологій (ЕПАТ), які можна згрупувати в чотири основні блоки: 1) щодо характеристик модельного світу; 2) щодо характеристик і життєвого циклу економічних агентів; 3) щодо технологічних мутацій; 4) щодо дифузії інновацій. В якості інструментарію моделювання обрано мультиагентний підхід, незаперечною перевагою якого є можливість досліджувати процеси самоорганізації та складного розвитку системи навіть в умовах, коли стратегія поведінки кожного окремого агента є відносно простою. Дослідження набору гіпотез пост-синтетичної теорії еволюції в економічній інтерпретації на основі розробленої в програмному середовищі NetLogo моделі свідчить про їх адекватність результатам моделювання.

Ключові слова: пост-синтетична теорія еволюції, економічна інтерпретація, мультиагентне моделювання, популяції економічних агентів, технологічні мутації, дифузія інновацій.

АННОТАЦИЯ

Эволюционная концепция стремительно набирает популярность среди экономистов, но, в отличие от пост-синтетической теории эволюции, перечень основных положений которой относительно устойчив, в эволюционной экономической теории пока не сформировался окончательный корпус ее постулатов. В работе предложена экономическая интерпретация гипотез пост-синтетической теории эволюции. Для проверки их адекватности разработаны допущения алгоритмической модели эволюции популяции экономических агентов-носителей технологий (ЭПАТ), которые можно сгруппировать в четыре основных блока: 1) относительно характеристик модельного мира; 2) относительно характеристик и жизненного цикла экономических агентов; 3) относительно технологических мутаций; 4) относительно диффузии инноваций. В качестве инструментария моделирования выбран мультиагентный подход, неоспоримым преимуществом которого является возможность исследовать процессы самоорганизации и сложного развития системы даже в условиях, когда стратегия поведения каждого отдельного агента относительно проста. Исследование набора гипотез пост-синтетической теории эволюции в экономической интерпретации на основе разработанной в программной среде NetLogo модели свидетельствует об их адекватности результатам моделирования.

Ключевые слова: пост-синтетическая теория эволюции, экономическая интерпретация, мультиагентное моделирование, популяция экономических агентов, технологические мутации, диффузия инноваций.

ANNOTATION

Evolutionary concept become more and more popular among economists, but unlike the post-synthetic theory of evolution, which list of the main provisions is relatively stable; a final corps of evolutionary economic theory assumptions has not been formed yet. The paper presents economic interpretation of post-synthetic theory of evolution hypotheses. To test its adequacy the algorithmic model of the evolution of economic agents' population (EEAP) has been developed. Its assumptions can be grouped into four main parts: 1) about characteristics of the artificial world; 2) about characteristics and life cycle of economic agents; 3) about technological mutations; 4) about diffusion of innovations. Multi-agent simulation has been chosen as a modeling tool, which undeniable advantage is the opportunity to explore the processes of self-organization and development of complex system even if the behavior of each individual agent is relatively simple. Analysis of hypotheses of post-synthetic theory of evolution in the economic interpretation, based on multiagent model, which was developed in NetLogo, has shown its adequacy to the results of simulation.

Keywords: post-synthetic theory of evolution, economic interpretation, multi-agent simulation, economic agents population, technological mutation, diffusion of innovations.

Постановка проблеми. Зміна структури виробництва та зайнятості, поява нових галузей економіки, реалізація програм інформатизації у країнах світу актуалізували необхідність оновлення теорії та методології аналізу нового етапу розвитку економіки та суспільства. Загальносвітовий економічний спад початку нового тисячоліття спровокував черговий виток критики концепції «економічної людини» [12]. Одним з перспективних напрямків подолання «кризи економічної теорії» [11] є еволюційна концепція, яка стрімко набирає популярність серед економістів.

Розглянемо докладніше розвиток еволюційного напрямку економічної теорії і почнемо з термінології. Термін «еволюція» походить з лат. *evolūtio* «розгортання, розкриття»¹. Словник іноземних слів [13] визначає еволюцію як процес зміни, розвитку; новий тлумачно-словотворчий словник Єфремової [5] – як процес поступової зміни, розвитку; тлумачний словник Ожегова [10] – як процес поступової безперервної кількісної зміни, що готує якісні зміни; словник Ушакова [15] – як розвиток, що складається з поступових, кількісних змін, без різких стрибків. Таким чином, мова йде про безперервні поступові процеси кількісних змін, що ведуть до якісних трансформацій системи в цілому.

¹ Для порівняння, «революція» походить з лат. *revolūtio* – «переворот».

У науковий обіг термін «еволюція» був введений Галлером у середині XVIII ст. для опису процесів розвитку живих організмів. У першій половині XIX ст. припущення про те, що організми змінюються в часі і ці зміни не випадкові, обговорювалися в роботах Ламарка та Лайєля [6]. Однак, прорив у розвитку еволюційної концепції пов'язують, у першу чергу, з виданням у 1859 р.² Дарвіном праці «Походження видів шляхом природного відбору, або збереження сприяючих порід у боротьбі за життя» [4], де він описав механізм еволюції³ через взаємодію між спадковою мінливістю і природним відбором. Важливо, що Дарвін звернув увагу на ключову взаємодію між випадковістю і спрямованістю в еволюції: «...мінливість майже повністю випадкова, у той час як відбір є спрямованим і створює складність». Крім того, на думку Куніна, саме він «поклав початок науковому вивченню стріли часу – асиметричних у часі, необоротних процесів» [8].

Вже наприкінці XIX ст. термін набув широкої популярності та вийшов за межі біології. Ключову роль у цьому процесі відіграв Спенсер: закони еволюції, розроблені ним в «Основних засадах» [14], поширювалися на галузі економіки, соціології, психології, етики, а сама еволюція широко розумілася як «зміна від незв'язної однорідності до зв'язної різнорідності». Утім, «біологічні» та «економічні» коріння еволюційної концепції і раніше були щільно переплетені: Дарвін був знайомий зі статтею Мальтуса про народонаселення [3]; за твердженням Боулера [1], у процесі роботи над своєю концепцією він надихався працями Сміта, у моделі вільного ринку якого передбачалося, що конкуренція індивідумів за особисту вигоду в жорсткому ринковому середовищі призводить до впорядкованої та ефективної економіки, хоча ззовні ніщо цим процесом не керує.

На основі ідей Дарвіна та відкриттів у галузі теоретичної та експериментальної популяційної генетики (Фішера, Райта та ін.) у XX ст. сформувалася синтетична теорія еволюції (СТЕ), найбільш яскравими представниками якої стали Доброжанський, Майер, Сімпсон. Згідно зі STE, еволюція життя – це процес активної адаптації популяції до мінливих умов середовища. У результаті досліджень і низки відкриттів порівняльної геноміки, принципи STE дістали критики, але в цілому корпус принципів STE щодо мінливості, адаптаціонізму, прогресу, градуалізму та структури [8] не зазнав суттєвих змін.

² Одночасно з Дарвіном, Уоллес запропонував у цілому ідентичну концепцію еволюції.

³ Дарвін увів термін «еволюція» в шостому виданні «Походження видів», але й після цього він уживав його вкрай рідко, віддаючи перевагу використанню виразу «наслідування зі змінами» (*descent with modifications*).

⁴ Поряд з імітацією – другорядним джерелом мінливості економічних агентів.

⁵ Макрогенерація – сукупний випуск економічних агентів, що об'єднані кластером споріднених технологій

На відміну від біології, в еволюційній економічній теорії поки не сформувався остаточний корпус її постулатів, хоча можна стверджувати, що вона ґрунтується на дарвінівських принципах спадковості, мінливості і природного відбору. Згідно з Маєвським, «еволюційна економічна теорія розглядає розвиток як незворотний процес наростання складності, різноманіття та продуктивності виробництва за рахунок періодично повторюваної зміни технологій, продуктів, організацій та інститутів» [9]. У розвиток теорії великий внесок зробили Алчіан, Баумоль, Веблен, Вільямсон, Вінтер, Досі, Девід, Коммонс, Маєвський, Марч, Менгер, Меткалф, Нельсон, Пенроуз, Савіотті, Сайерт, Ходжсон, Шумпетер.

Мета статті. На основі критичного аналізу STE та концептуальних наробок представників еволюційної економічної теорії провести економічну інтерпретацію гіпотез пост-синтетичної теорії еволюції.

Виклад основного матеріалу дослідження. В роботі гіпотези пост-синтетичної теорії еволюції в економічній постановці сформульовані наступним чином:

1. *Гіпотеза мінливості:* основним джерелом мінливості⁴ є інновації, які мають випадковий характер і не завжди є вдалими (економічно ефективними).

2. *Гіпотеза адаптаціонізму:* домінуючими в економічній еволюції є нейтральні процеси в поєднанні з очищаючим відбором (банкрутство), а позитивний відбір (спрямований на максимізацію прибутку) є важливим, але не першорядним чинником економічної еволюції.

3. *Гіпотеза прогресу:* економічна еволюція – незворотний процес наростання складності, різноманіття та продуктивності виробництва за рахунок періодично повторюваної зміни технологій, продуктів, організацій та інститутів.

4. *Гіпотеза слабого градуалізму:* з огляду на безперервне вдосконалення технологій економічна еволюція відбувається шляхом накопичення малих змін, що досягаючи критичної маси, спричиняють шумпетеріанські «шторми творчого руйнування» (або, в термінах Маєвського, зміну макрогенерації⁵).

5. *Гіпотеза структури:* еволюційний процес, поряд з ієрархічними, породжує мережеві структури взаємодії економічних агентів.

Для перевірки цих гіпотез було розроблено модель еволюції популяції економічних агентів-носіїв технології (ЕПАТ), допущення якої можна згрупувати в чотири блока:

1. Щодо модельного світу:

Модельний світ представлений популяцією економічних агентів. Він задається наступними екогенними параметрами:

- agent* – початковий розмір популяції;
- K_{min} – тиск негативного відбору (нижня межа капіталу, перетинаючи яку агент гине);
- K_{max} – тиск позитивного відбору (верхня межа капіталу, перетинаючи яку агент може породити нащадка або стати інноватором);

- d) *price* – ціна технології.
- 2. Щодо характеристик і життєвого циклу економічних агентів:
 - а. Агенти описуються своїми виробничим функціями.
 - б. Успішний економічний агент може породити нащадка. При цьому предок передає нащадку технологію та частину факторів виробництва.

- с. Неефективні агенти вимирають.
- д. Поінформованість агентів обмежена радіусом взаємодії – числом агентів, про яких даний агент має інформацію. Радіус зростає в міру технологічного прогресу агента.
- е. Раціональність агентів обмежена в тому сенсі, що ймовірність прийняття рішення про покупку кращої (порівняно з власною) технології відмінна від одиниці.

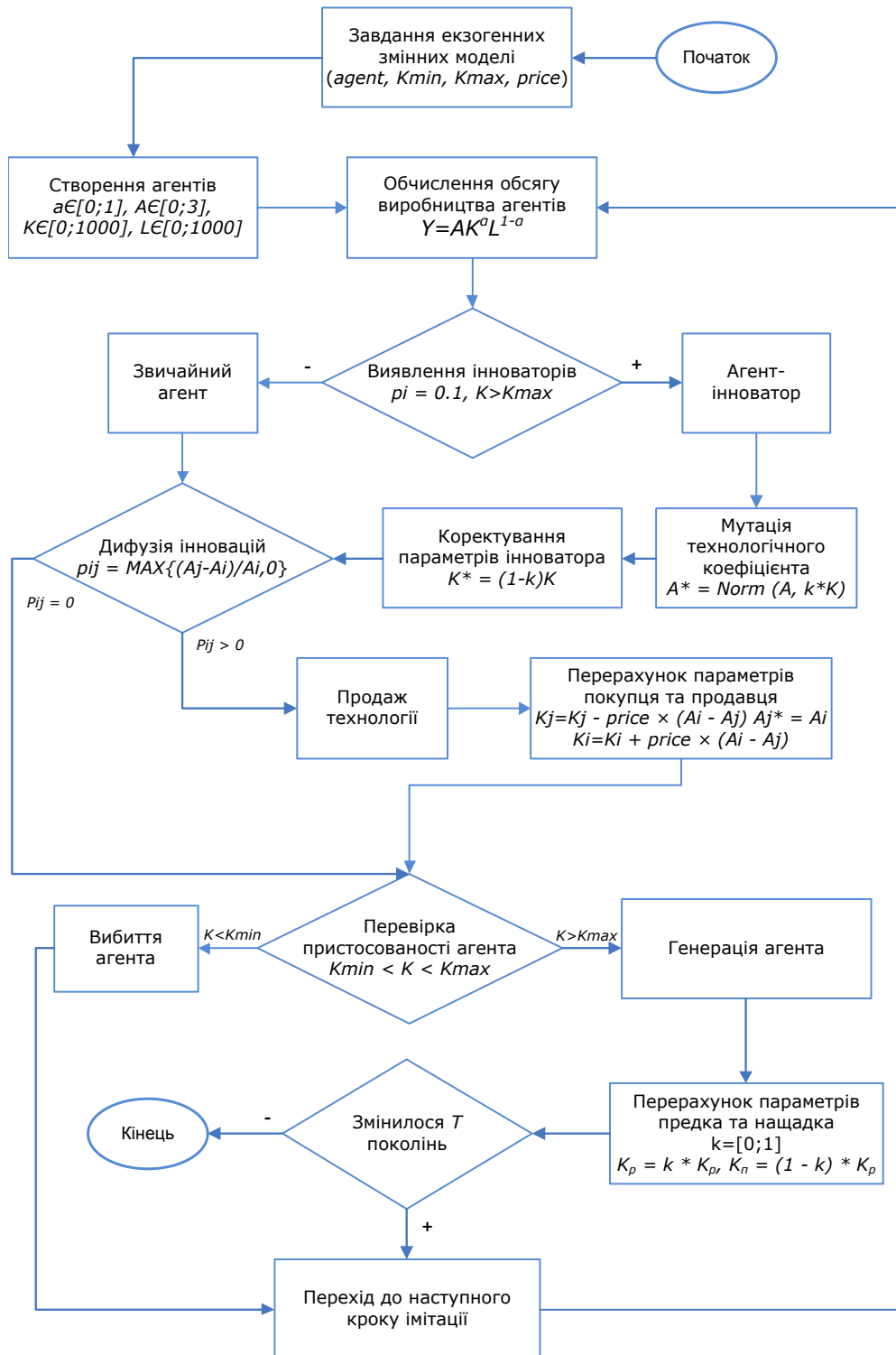


Рис. 1. Алгоритм роботи еволюційної моделі взаємодії економічних агентів

3. Щодо технологічних мутацій:

а. Джерелом інновацій та технологічного росту є діяльність підприємців, які мають ресурси для інвестування у фундаментальні та прикладні наукові дослідження.

б. Технологічний параметр агентів-новаторів схильний до випадкових мутацій, варіативність яких пропорційна вкладенням.

4. Відносно дифузії інновацій:

а. Агент має можливість придбати і використовувати технологію одного з сусідів.

б. Вартість технології пропорційна технологічному розриву між покупцем і продавцем.

с. При покупці технології успадковується технологічний параметр продавця.

Алгоритм роботи моделі, побудованої на основі перерахованих вище припущень, наведено на рисунку 1 [7].

На основі алгоритму, що реалізує припущення щодо поведінки економічних агентів (рис. 1), у програмному середовищі NetLogo [2] була побудована мультиагентна модель [7] (рис. 2).

Візуалізація еволюційного процесу представлена на рисунку 3. Тут економічний агент представлений у вигляді трикутника, забарвленого

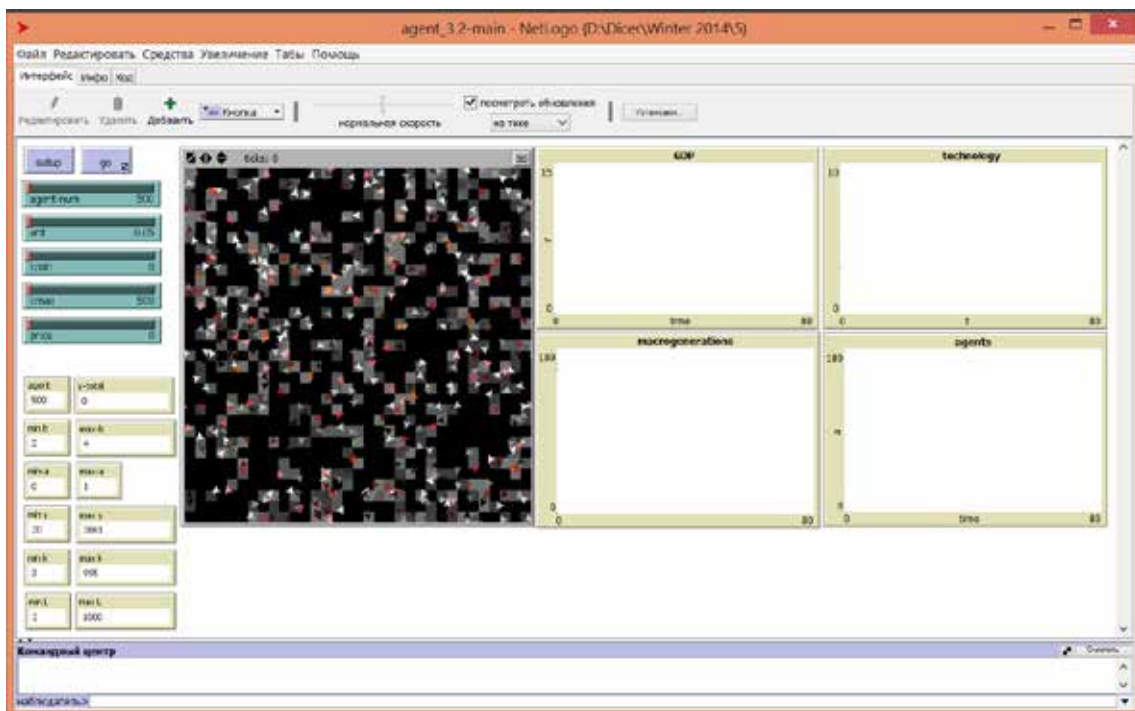
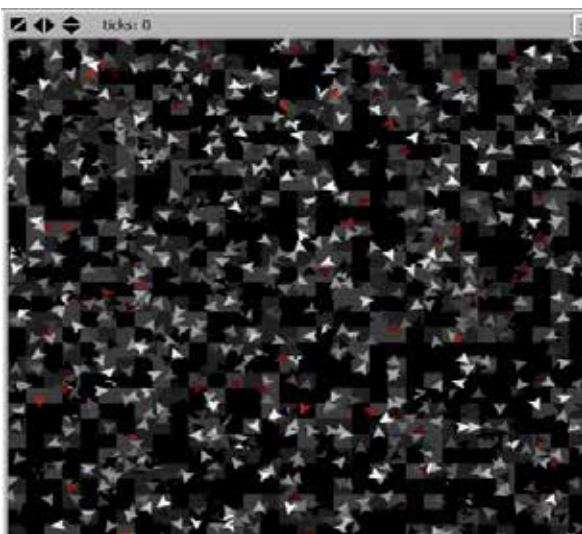
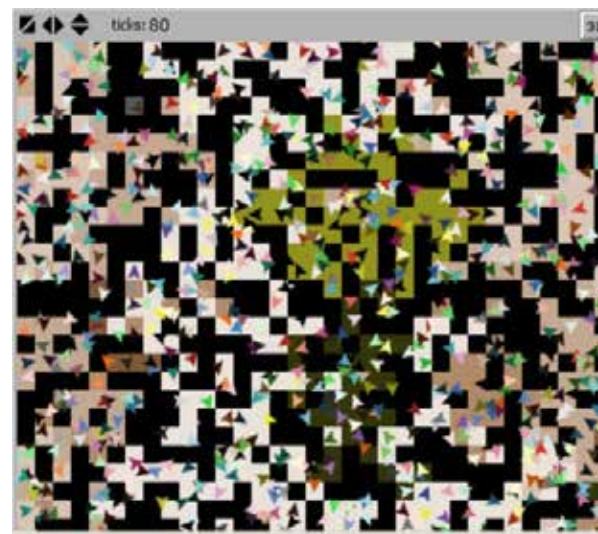


Рис. 2. Інтерфейс мультиагентної моделі еволюції ПАТ



а)



б)

Рис. 3. Візуалізація модельного світу: а) на початку імітації; б) у кінці імітації

ного у відповідності до значення свого випуску, домен агента забарвлений у колір його технологічного параметра (А).

На початку імітації (рис. 3а) технології агентів подібні між собою, тому їх домени забарвлені в один колір – сірий. У процесі моделювання спостерігається кілька хвиль появи і розповсюдження макрогенерацій (забарвлені в зелений домени агентів, розташовані в центрі світло-коричневого поля, відображають процес виникнення нової макрогенерації в епіцентрі попередньої, рис. 3б).

Перевіримо адекватність гіпотез постсинтетичної теорії еволюції результатам моделювання:

1. *Гіпотеза мінливості.* Для перевірки цієї гіпотези були досліджені траєкторії макрогенерацій при різних значеннях екзогенних параметрів. Аналіз показав, що хоча число імітаторів перевищує кількість інноваторів, однак у випадках, коли нові макрогенерації не зароджуються (або зароджуються дуже рідко), адаптація нововведень рано чи пізно досягає насичення і подальшої мінливості не спостерігається (рис. 4). Інакше кажучи, у кожному одиницю модельного часу більшу мінливість забезпечує імітація, проте якщо розглядати динаміку процесу в цілому, основним джерелом залишаються інновації.

2. *Гіпотеза адаптаціонізму.* Для перевірки цієї гіпотези в модель були введені параметри тиску позитивного (K_{max}) і негативного (K_{min}) відбору. Дослідження їх впливу на модельні траєкторії показав, що варіація тиску негативного відбору породжує коливання середнього сукупного випуску в діапазоні від трьохсот тисяч до шістдесят мільйонів, що в десять разів перевищує діапазон його зміни при варіації параметра позитивного відбору. Також на користь домінування негативного відбору свідчить значення

його середнього коефіцієнта еластичності, що майже в 3,5 рази перевищує аналогічне значення для тиску позитивного відбору.

3. *Гіпотеза прогресу.* Дослідження чутливості середнього сукупного випуску і траєкторій, породжуваних мультиагентною моделлю, до варіації її параметрів показало, що практично при всіх поєднаннях параметрів спостерігається зростання сукупного випуску як за рахунок інновацій, так і за рахунок поширення технологій по модельному світу в процесі імітації. При цьому технологічне різноманіття агентів у процесі розвитку модельного істотно зростає (рис. 3).

4. *Гіпотеза слабого градуалізму.* У процесі експериментування з мультиагентною моделлю вдалося представити динаміку сукупного випуску системи як суму випусків окремих макрогенерацій, що виникають у процесі еволюції популяції економічних агентів. Сам факт виявлення макрогенерацій свідчить на користь припущення про можливу наявність «штормів творчого руйнування», а структура їх життєвих циклів – про вплив накопичення малих змін (рис. 4).

5. *Гіпотеза структури.* Оскільки в мультиагентну модель закладено припущення, що поінформованість економічного агента обмежена радіусом взаємодії, який росте з огляду на технологічний прогрес агента, а сам агент, таким чином, збільшує мережу власних зв'язків, модель, поряд з ієрархічними, породжує мережеві структури взаємодії агентів.

Висновки. У роботі представлена авторська інтерпретація положень пост-синтетичної теорії еволюції в економічній постановці. Для перевірки її гіпотез розроблено алгоритмічну модель ЕПАТ, припущення якої можна згрупувати в чотири основні блоки:

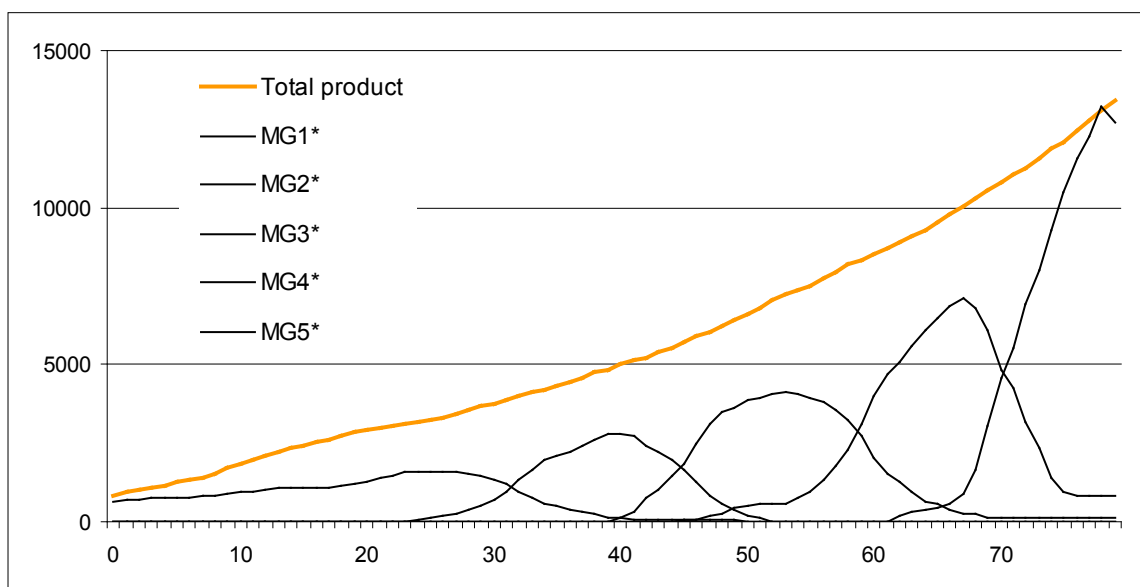


Рис. 4. Динаміка випуску системи як сукупність випусків агентів, об'єднаних загальною технологією

- I) характеристики модельного світу;
- II) характеристики і життєвий цикл економічних агентів;
- III) технологічні мутації;
- IV) дифузія інновацій.

На основі перелічених припущень побудовано мультиагентну модель, яку реалізовано в програмному середовищі NetLogo.

Дослідження набору гіпотез щодо мінливості та адаптаціонізму економічних агентів, прогресу та слабого градуалізму еволюційного процесу, а також структури взаємодії економічних агентів свідчить про їх адекватність результатам моделювання.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Bowler P.J. Grand masters, great debaters / P.J. Bowler // *Nature*. – 1991. – Vol. 353, Issue 6346. – P. 713.
2. NetLogo [Electronic Resource]. – Way of access : <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>
3. Блауг М. Мальтус, Томас Роберт / 100 великих економістів до Кейнса / Мальтус Блауг М., Роберт Томас. – СПб. : *Економікус*, 2008.
4. Дарвін Ч. Происхождение видов путём естественного отбора или сохранение благоприятных рас в борьбе за жизнь / Ч. Дарвин ; перевод с шестого издания (Лондон, 1872). – СПб. : *Наука*, 1991.
5. Ефремова Т.Ф. Новый словарь русского языка. Толково-словообразовательный / Т.Ф. Ефремова. – М. : *Русский язык*, 2000. – 1084 с.
6. История биологии с древнейших времён до наших дней / под ред. С. Р. Микулинского. – М.: *Наука*, 1972. – С. 118.
7. Кононова Е.Ю. Еволюція макронегацій: мультиагентний підхід / Е.Ю. Кононова, Н.В. Акулов // *Бизнес информ.* – 2013. – № 10. – С. 166–170.
8. Кунин Е.В. Логика случая. О природе и происхождении биологической эволюции / Е.В. Кунин. – М., ЗАО «Издательство Центрполиграф», 2014. – 527 с.
9. Маевский В.И. Эволюционная макроэкономическая теория // *Институциональная экономика : [учеб. пособие]* / В.И. Маевский ; под рук. акад. Д.С. Львова. – М. : *ИНФРА-М*, 2001. – С. 291.
10. Ожегов С.И. Толковый словарь русского языка: 80 000 слов и фразеологических выражений / С.И. Ожегов, Н.Ю. Шведова ; Российская академия наук. Институт русского языка им. В.В. Виноградова. – 4-е изд., доп. – М. : *Азбуковник*, 1999. – 944 с.
11. Полтерович В.М. Экономическое равновесие и хозяйственный механизм / В.М. Полтерович. – М. : *Наука*, 1990. – 258 с.
12. Роббинс Л. Предмет экономической науки / Л. Роббинс. – 1993. – Т.1, вып. 1. – С. 18.
13. Словарь иностранных слов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.inslov.ru/html-komlev/6/6vol7ci8.html>
14. Спенсер Г. Основные начала / Г. Спенсер. – СПб. : Издание Л.Ф. Пантелеева, 1897. – 473 с.
15. Ушаков Д.Н. Орфографический словарь русского языка / Д.Н. Ушаков. – М. : *Учпедгиз*, 1937. – 162 с.