

РОЗДІЛ 11. МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

ЕВОЛЮЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОПУЛЯЦІЙ ПІДПРИЄМСТВ EVOLUTIONAL MODELING OF POPULATION OF ENTERPRISES

У статті проведено аналіз та подальший розвиток методів, інформаційних технологій та економіко-математичних моделей еволюційних процесів трофічних відносин. Визначено, що еволюція економічної популяції є динамічним процесом, що відбувається під впливом змін у науці та технологіях, потреб ринків, трансформацій в організації та правових відносинах. Здійснено теоретичне узагальнення процесу еволюції, яке передбачає розгортання зусиль у напрямі еволюційної теорії розвитку економічних популяцій, що припускає використання алгоритму управління процесом еволюції, тобто цілеспрямованої дії на зміни пропорцій між функціонуючими елементами популяції.
Ключові слова: еволюційна теорія, трофічні відносини, популяції, міжпопуляційні відносини, популяція підприємств, фрейм популяції.

В статье проведены анализ и дальнейшее развитие методов, информационных технологий и экономико-математических моделей эволюционных процессов трофических отношений. Определено, что эволюция экономической популяции является динамичным процессом, происходящим под влиянием изменений в науке и технологиях, потребностей рынков, трансформаций в организации и правовых отношениях. Осуществлено теоретическое обобщение процесса эволюции, которое

предусматривает развертывание усилий в направлении эволюционной теории развития экономических популяций, предполагает использование алгоритма управления процессом эволюции, то есть целенаправленного воздействия на изменение пропорций между функционирующими элементами.

Ключевые слова: эволюционная теория, трофические отношения, популяция, межпопуляционные отношения, популяция предприятий, фрейм популяции.

In the article the analysis and further development of methods, information technologies and economic and mathematical models of evolutionary processes of trophic relations are conducted. It is determined that the evolution of the economic population represents a dynamic process that occurs under the influence of changes in science and technology, market needs, transformations in the organization and legal relations. The theoretical generalization of the evolution process, which involves the deployment of efforts in the directions of the evolutionary theory of the development of economic populations, involves the use of the algorithm for managing the evolution process, that is, the purposeful action on the changes in the proportions between the functioning elements of the populations.

Key words: evolutionary theory, trophic relations, populations, interpopulation relations, population of enterprises, frame of population.

УДК 519.866:658.1:330.46:004(043.3)

Іванченко Г.Ф.

к. т. н., доцент, професор кафедри інформаційних систем
Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана
Гриценко В.В.
магістр
Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана

Постановка проблеми. Сьогодні в економічній науці активно розвивається еволюційна економічна теорія. Це зумовлене тим, що ортодоксальні методологічні підходи вже не можуть адекватно й вичерпно пояснити явища соціального буття та прогнозувати їх. В Україні цей процес за часом корелює з інтенсифікацією досліджень у сфері інформаційних технологій (ІТ), а в галузі економічної політики ці тенденції пов'язані з необхідністю модернізації соціально-економічної системи України в нестабільному економічному середовищі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичні основи дослідження становлять праці вітчизняних та зарубіжних авторів з проблем еволюційної економічної теорії щодо проходження процесів злиття та поглинання (M&A). З-поміж фундаторів теорії особливо вирізняються такі дослідники, як А. Алчіян, Т. Веблен, Т. Мальтус, Р. Нельсон, М. Нішібе, Д. Поттс, Г. Саймон, Л. Самуельсон, А. Сміт, Дж. Сільверберг, С. Уінтер, Д. Ходжсон, Й. Шумпетер.

Постановка завдання. Метою дослідження є аналіз та подальший розвиток методів, інформацій-

них технологій та економіко-математичних моделей еволюційних процесів трофічних відносин.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розвиток підприємства безпосередньо виявляється на стику взаємодії чинників зовнішнього та внутрішнього середовищ. Зовнішнє середовище задається станом попиту, вираженим у привабливості продукту, який виробляється в рамках наявної структури організації, характером внутрішніх відносин на підприємстві, технологічною новизною. Внутрішнє середовище у взаємодії із зовнішнім, що визначає динамізм організації та її ефективність, може задаватися набором мотивацій членів організації.

Взаємодія між підприємствами, тобто членами популяції, та самими популяціями визначає динаміку цих систем, їхню стійкість, життєздатність, можливості передачі знань. Джерелами мутацій виступають процеси в межах популяції та зовнішні впливи. Звісно, в усіх цих процесах відбувається передача інформації, що дає змогу застосувати до них закони та математичний апарат теоретичної біології.

Еволюційний підхід в економічній науці сформувався на перетині різних наукових напрямів. Основні принципи еволюційного підходу в економіці запозичені з еволюційної біології [1]. Економічні явища володіють певними властивостями, характерними для фізичних процесів, а саме неврівноваженістю, стохастичністю, наявністю самопідтримуваних процесів. Передбачається, що в економічній системі існують аналоги механізмів спадковості, мінливості, природного відбору та різноманітності, а економічні агенти – популяції підприємств, які конкурують один з одним за спільні трофічні ресурси. При цьому чи не загальною думкою сучасної економічної теорії є уявлення про те, що еволюція популяцій визначається насамперед факторами відбору, які виникають у процесі взаємодії з іншими складовими спільноти популяцій, а самі спільноти є продуктом коеволюції популяцій, що входять до них.

У біофізиці існують кілька ідеалізацій, пов'язаних з трофічними відносинами, які, на наш погляд, можна перенести в економіку (Одум, 1975 рік). Це, зокрема:

- трофічна мережа – ланцюг «перенесення енергії (їжі) від її джерела (рослин), що відбувається шляхом поїдання одних організмів іншими»;
- харчова мережа – сплетіння трофічних (харчових) ланцюгів у біології;
- популяції (організми), які отримують енергію (їжу) від джерела з однаковою кількістю етапів, а також належать до одного трофічного рівня.

З цієї аналогії випливає, що в рамках еволюційного моделювання популяцій підприємств має сенс розглядати не будь-які можливі трофічні мережі, а насамперед орієнтовані трофічні мережі, в яких можна виділити односпрямований потік енергії, сировини, прибутку. Якщо дотримуватися цієї точки зору, то з розгляду слід вилучити два типи в принципі можливих трофічних мереж. По-перше, це мережі, вершини графів яких мають лише вхідні або лише вихідні потоки сировини, а саме прибуток. Це міркування уявляється очевидним. По-друге, це мережі, графи яких містять замкнуті нескінченні цикли.

Існують три основні типи міжпопуляційних відносин: 1) конкуренція; 2) симбіоз; 3) «хижак – жертва». Прийнято виділяти симбіотичні відносини двох типів.

1) «Протокооперація», за якої міжвидова взаємодія корисна для обох видів, але не є обов'язковою (обов'язковою), а кожна популяція може існувати за відсутності іншої популяції. Припустимо, що динаміка кількості обох популяцій у відносинах «протокооперації» за відсутності іншої популяції описується логістичним рівнянням, коефіцієнти якого загалом різні для обох популяцій. Стосовно впливу на динаміку кількості самих відносин «протокооперації» в першому наближенні природно

припустити, що їх можна описати аналогічно до відносин «хижак – жертва», тобто білінійними членами, які входять в обидва рівняння з позитивними знаками.

2) «Мутуалізм», за якого міжпопуляційні взаємодії є облігатними. Необхідною умовою «мутуалізму» є існування кожного з видів, а за відсутності іншої популяції кожен з видів зменшує кількість і щільність популяції.

Трофічні відносини типу «хижак – жертва» з трьох основних типів міжпопуляційних відносин дають значні розбіжності динамічних режимів поведінки взаємодіючих популяцій.

Економічну систему доцільно представити двома групами протилежних суб'єктів, що виконують роль «хижака» та «жертви», наприклад зростаючою популяцією-віолент і популяцією-експлерент, що стагнує. У цьому разі система добре описується рівнянням «хижак – жертва».

Для нелінійних явищ, математичні моделі яких не підпорядковуються принципу суперпозиції, знання стосовно поведінки частини об'єкта ще не гарантують знань про поведінку об'єкта загалом, а його відгук на зміну умов може якісно залежати від кількісної величини (обсягів) цих змін.

Наголосимо на тому, що більшість реальних процесів і відповідних (адекватних) їм математичних моделей є нелінійною. Лінійні ж моделі відповідають частковим випадкам і, як правило, слугують лише першим наближенням до реальності. Моделі популяцій є нелінійними, адже необхідно враховувати обмеженість доступних популяції ресурсів.

Уперше модель, що описує динаміку кількості (щільності) двох популяцій, які взаємодіють за принципом «хижак – жертва», незалежно один від одного запропонували А.Д. Лотка і В. Вольтерра [2–6]. Математичний аспект цих досліджень розвинули у серії робіт А.Д. Базикін [7–9], А.А. Вітта, Г.Ф. Гаузе [10]. Їхні послідовники від 1960-х років розробляли та досліджували моделі для опису динаміки взаємодіючих популяцій з відмінними від вольтеррівських кінестичними функціями. Значна частина моделей представлена для популяцій у вигляді звичайних диференціальних рівнянь [13].

Еволюційний підхід використовує еволюційне моделювання економічних систем. Динаміка зміни структури економічної системи оцінюється за зміною системних параметрів в обмеженнях цих моделей. Коли еволюціонує підприємство, то воно здатне відтворювати себе на вищому рівні та певний час існувати на базисі популяцій нижчих рівнів.

Основним об'єктом еволюційної економіки є популяція підприємств в конкретному ринковому середовищі. Таким середовищем в економіці вважають мезорівень, а саме галузь. Передусім предметом розгляду еволюційної теорії мезоекономічних структур є популяція підприємств, пов'язаних виключно відносинами конкуренції та кооперації.

Внаслідок перенесення акценту на множинність взаємозв'язків інформаційних конфігурацій межі галузі та популяції можуть не збігатися, навіть якщо основою цього виділення є використання однієї головної технології або присутність на одному товарному ринку.

Популяція підприємств – об'єкт вивчення еволюційних теорій, об'єднання підприємств (галузь), що мають певні спільні характеристики, які відрізняють її від іншої групи.

Популяцію можна розглядати як кластер підприємств, що діють на локальному ринку продукту вузької товарної групи (наприклад, популяція підприємств тих, які виробляють молоко та молочні продукти). Тобто популяція може бути обмежена територіальними рамками, але, використовуючи різні ІТ виробництва продукту, вона може розширювати свої віртуальні рамки.

Можна збільшувати цю множину за рахунок послаблення критеріїв ринкової (популяція підприємств харчової промисловості) або територіальної приналежності (популяція підприємств певного регіону України).

Формальна популяція підприємств (ΠP_{ij}) – множина представників одного $i=1, \dots, n$ виду взаємозалежних у виборі стратегій підприємств, які успадковують властивості лідерів («батьків») популяції та розташовані у m -вимірному просторі ознак $j=1, \dots, m$.

Кластером, або таксоном ΠP_{ij} , є частина простору ознак популяції, куди потрапляють вектори об'єктів тільки одного класу, які подібні за деякими ознаками [10].

Взаємодія між підприємствами-членами популяції та самими популяціями визначає динаміку цих популяцій, їхні стійкість, життєздатність, можливість використання ресурсів.

Перехід популяції від одного стану до іншого, як і підтримання стаціонарного стану, обумовлені перебігом низки таких популяційних процесів, як посилення одних груп підприємств, вибуття інших, поява підприємств-новачків.

При цьому стабільні темпи зміни ситуації на рівні популяції, тобто зростання популяції, можуть супроводжуватися різними, що істотно змінюються, темпами перебігу окремих популяційних процесів. Так, на одних етапах розвитку популяції її зростання може забезпечуватися інтенсивною появою нових підприємств, а на інших – інтенсивним зростанням окремих груп підприємств у популяції.

Насамперед основою аналізу не можуть бути агреговані (тобто сукупні або усереднені) дані щодо популяції, оскільки вони не враховують індивідуальні відмінності підприємств та звужують можливість дослідження різних процесів. Окремо аналізу можуть відповідати тільки дані по окремих підприємствах популяції або їх однорідних групах.

Розгляд поведінкових характеристик і стратегічних процесів як рівноправних із функціональ-

ними потребує впровадження методології використання статистичних даних [9], орієнтованих на врахування виключно функціональних характеристик і результатів досліджень підприємств, які методологічно слабко узгоджені між собою та з регулярною статистикою.

Мережа об'єктів популяцій (ΠP_{ij}), пов'язаних різними відносинами, задається як $\Pi P_{ij} = \langle \Omega, O, S, I \rangle$ де $\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \omega_3, \dots, \omega_n\}$ – множина класів та об'єктів $\Phi_r \Pi_i$; класом називаємо множину фреймів популяції підприємств $\Phi_r \Pi_i$, які подібні між собою за деякими ознаками сценаріїв ЖЦП_{*i*} (експлерент, патієнт, віолент, комутант тощо); O – множина відносин між популяціями; S – структура класів та об'єктів ФрП_{*i*}, що визначає конкретні зв'язки між ними; I – алфавіт і правила отримання висновків на мережі об'єктів ΠP_{ij} .

У фреймових моделях популяції частину фреймів становлять індивідуальні об'єкти, тобто екземпляри фреймів. Інші фрейми, що становлять узагальнені об'єкти, є фреймами-прототипами для $\Phi_r \Pi_i$. Фрейм-прототип відповідає інтенсіональному опису множини фреймів-прикладів.

Фрейм популяції підприємств ($\Phi_r \Pi_i$), визначає структуру класу, успадковує властивості лідерів («батьків»), здатний до тривалого існування в часі та просторі, може трансформуватися, ділитися, а саме самовідтворюватися, переміщуватися з популяції до популяції по горизонталі та вертикалі еволюційного процесу. Формально підприємство в рамках $\Phi_r \Pi_i$ моделі описується так:

$$\Phi_r \Pi_i = \{n, (ns_1, vs_1, ps_1), (ns_2, vs_2, ps_2), \dots, (ns_m, vs_m, ps_m)\},$$

де n – ім'я $\Phi_r \Pi_i$, ns_i – ім'я слота (показники господарської діяльності підприємства), vs_i – числове значення слота, ps_i – ім'я приєднаної процедури (для зміни рутини).

У типовому фреймі $\Phi_r \Pi_i$ зберігається така інформація: ім'я та загальний опис $\Phi_r \Pi_i$, інформація про батьківський клас, сценарій ЖЦП, відомості про слоти, а саме імена та значення слотів (показників господарської діяльності підприємства), а також їхні властивості (наприклад, тип, умови коректності інформації, яка зберігається в слоті). Класом називають множину об'єктів, подібних між собою за деякими ознаками.

Фрейм популяції підприємств $\Phi_r \Pi_i$ може утворюватися шляхом об'єднання всіх слотів, фактів та процедур (для зміни рутин), пов'язаних з популяцією цього підприємства. Слоти ns_i – це певні незаповнені підструктури фрейма, які відповідають за ділянку простору ознак популяції. Після заповнення слотів конкретними даними $\Phi_r \Pi_i$ становитиме ту або іншу ситуацію стадій розвитку ЖЦП підприємств.

Кожному слоту відповідає певна структура показників роботи підприємства. У слотах описується інформація про ФрП_{*i*}, його властивості, характеристики, факти, що належать до нього.

Крім того, слоти можуть містити посилання на інші фрейми або вказівки на асоційовані з ними приєднані процедури. Значенням слота може бути практично що завгодно (числа або фінансово-математичні співвідношення, тексти природною мовою або програми, правила висновку або посилання на інші слоти цього фрейма чи інших фреймів). Як значення слотів можуть виступати імена інших фреймів, що забезпечує побудову мережі фреймів.

Процедура ps_i є необов'язковим елементом слота, що задовольняє таким якісним критеріям: 1) правила появи на ринку нових $\Phi_p \Pi_i$ підприємств і, відповідно, правила виходу $\Phi_p \Pi_i$ підприємств з популяції; 2) підприємства діють на спільних ринках кінцевого продукту, виробничих ресурсів, фізичного капіталу в спільних для всіх них умовах податкової системи та фінансового сектору; сумісне функціонування $\Phi_p \Pi_i$ на багатьох ринках обумовлює наявність багатьох каналів взаємовпливу підприємств, багатовимірну (тобто не з'ясовну специфікою функціонування певного ринку) залежність становища окремого підприємства від становища та стратегій поведінки інших підприємств популяції; 3) правила взаємодії $\Phi_p \Pi_i$ підприємств між собою; правила поведінки окремого підприємства; підприємства утворюють спільне інформаційне середовище, що дає їм змогу накопичувати та використовувати для ухвалення рішень досвід щодо стратегій та ефективності функціонування інших агентів підприємств.

Вибір меж популяції обумовлюється дослідженням таких основних аспектів: розгляд одного кінцевого продукту або низки продуктів, тобто близьких субститутів, одної або безлічі технологій виробництва продукту, одного локального ринку або кількох взаємопов'язаних ринків підприємств завдяки можливості переміщення товару, міграції споживачів тощо.

У кожній із задач ідентифікації популяції підприємств за принципом «хижак – жертва» аналізуються поточні явища, процеси, стани $\Phi_p \Pi_i$ підприємства w

Висновки з проведеного дослідження. Слід також зазначити, що еволюція економічної популяції – це динамічний процес, що відбувається під впливом змін у науці та технології, потреб ринків,

трансформацій в організації та правових відносинах. Отже, теоретичне узагальнення процесу еволюції має передбачати розгортання зусиль у напрямі еволюційної теорії розвитку економічних популяцій, що припускає використання алгоритму управління процесом еволюції, тобто цілеспрямованої дії на зміни пропорцій між функціонуючими елементами популяцій.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Сильверберг Д., Верспаген Б. Экономическая динамика и адаптация поведения: приложения к одной эволюционной модели эндогенного роста. Эволюционный подход и проблемы переходной экономики. Москва: ИЭКРАН, 1995. С. 149–175.
2. Вольтерра В. Математическая теория борьбы за существование / пер. с фр. О.Н. Бондаренко; под ред. Ю.М. Свирежева. Москва: Наука, 1976. 285 с.
3. Akarony J., Falk H., Yehuda N. Corporate life cycle and the relative value-relevance of cash flow versus accrual financial information. URL: <http://www.Bus.Brocku.Ca/Faculty/Documents/Corporate-Life-Cycle.pdf>.
4. Lester D.L., Parnell J.A., Carraher A. Organizational Life Cycle: A Five-Stage Empirical Scale. The Intern. of Organizational Analysis. 2003. № 4. P. 339–354.
5. Lotka A.J. Elements of physical biology. Baltimore: Williams and Wilkins, 1925. 460 p.
6. Volterra V. Variazione e fluttuazioni del numero d'individui in specie animali conviventi. Mem. Accad. naz. Lincei. Ser. 6. 1926. № 2. P. 31–113.
7. Базыкин А.Д. Нелинейная динамика взаимодействующих популяций Москва; Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2003. 368 с.
8. Базыкин А.Д., Буриев Т.И. Модель динамики системы «хищник – жертва» с учетом насыщения хищника, конкуренции хищника за жертву и конкуренции жертв. Studia biophysica. 1981. № 2. P. 123–130.
9. Базыкин А.Д., Хибник А.И. О жестком режиме возбуждения автоколебаний в модели типа Вольтера. Биофизика. 1981. Т. 26. Вып. 5. С. 851–853.
10. Гаузе Г.Ф., Витт А.А. О периодических колебаниях численности популяций. Математическая теория релаксационного взаимодействия между хищниками и жертвами и ее применение к популяции двух простейших // Изв. АН СССР. Отд. мед., мат. и естеств. наук. 1934. № 10. С. 1551–1559.