

# МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 330.342.3:330.46

## СИНЕРГЕТИЧНА КОГЕРЕНТНІСТЬ БІФУРКАЦІЙНИХ ЕВОЛЮЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ЗЛИТТЯ ТА ПОГЛИНАННЯ ПІДПРИЄМСТВ

© 2016 ІВАНЧЕНКО Г. Ф., ДАЛАЙІН БАДЕР ОМАР АХМАД

УДК 330.342.3:330.46

Іванченко Г. Ф., Далайін Бадер Омар Ахмад

### Синергетична когерентність біфуркаційних еволюційних процесів злиття та поглинання підприємств

Метою статті є розробка інформаційного інструментарію економіко-математичного моделювання динаміки еволюційних процесів трофічних відносин популяцій підприємств, що дозволило провести фазовий і біфуркаційний аналіз можливих динамічних режимів еволюції популяцій, визначити механізми впливу зовнішнього середовища і внутрішньої структури системи, виявити закономірності та межі стійкості процесів М & А. У роботі проведено аналіз основних положень еволюційної концепції розвитку популяцій підприємств як економічної системи, розглянуто положення еволюційної концепції розвитку систем популяцій, досліджено основи методів еволюційного моделювання, що дозволяють аналізувати функціонування популяцій підприємств в умовах індивідуальності стратегії поведінки кожного підприємства. Визначено основні принципи синергії еволюції життєвого циклу популяцій підприємств. Запропоновано еволюційний підхід до оцінки синергетичного ефекту М & А. Застосовано еволюційне моделювання сценаріїв розвитку самоорганізації популяцій підприємств молочної промисловості за допомогою поєднання статистичних і експертних даних, сформовано модельну популяцію фірм, що відображає поведінкові і ресурсно-технологічні характеристики досліджуваної в роботі реальної популяції виробничих підприємств, які формують вхідні потоки речовини, енергії та інформації для молочної промисловості, що дозволяє об'єднати відображення основних можливих варіантів зовнішніх умов функціонування популяції і її внутрішньої структури.

**Ключові слова:** моделювання, еволюція, злиття, поглинання, трофічні відносини, хижак – жертва, біфуркаційний аналіз.

**Рис.:** 3. **Формул.:** 2. **Бібл.:** 20.

**Іванченко Геннадій Федорович** – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри інформаційних систем в економіці, Київський національний економічний університет ім. В. Гетьмана (пр. Перемоги, 54/1, Київ, 03068, Україна)

**E-mail:** Ivan734@i.ua

**Далайін Бадер Омар Ахмад** – аспірант кафедри інформаційних систем в економіці, Київський національний економічний університет ім. В. Гетьмана (пр. Перемоги, 54/1, Київ, 03068, Україна)

**E-mail:** Ivan734@i.ua

УДК 330.342.3:330.46

UDC 330.342.3:330.46

### Іванченко Г. Ф., Далайін Бадер Омар Ахмад. Синергетическая когерентность бифуркационных эволюционных процессов слияния и поглощения предприятий

### Ivanchenko H. F., Dalayeen Bader Omar Ahmad. Synergistic Coherence of Bifurcation Evolutionary Processes of Mergers and Acquisitions of Enterprises

Целью статьи является разработка информационного инструментария экономико-математического моделирования динамики эволюционных процессов трофических отношений популяций предприятий, что позволило провести фазовый и бифуркационный анализ возможных динамических режимов эволюции популяций, определить механизмы влияния внешней среды и внутренней структуры системы, выявить закономерности и пределы устойчивости процессов М & А. В работе проведен анализ основных положений эволюционной концепции развития популяции предприятий как экономической системы, рассмотрены положения эволюционной концепции развития систем популяций, исследованы основы методов эволюционного моделирования, позволяющие анализировать функционирование популяций предприятий в условиях индивидуальности стратегии поведения каждого предприятия. Определены основные принципы синергии эволюции жизненного цикла популяций предприятий. Предложен эволюционный подход к оценке синергетического эффекта М & А. Применено эволюционное моделирование сценариев развития самоорганизации популяций предприятий молочной промышленности посредством сочетания статистических и экспертных данных, сформирована модельная популяция фирм, отражающая поведенческие и ресурсно-технологические характеристики исследуемой в работе реальной популяции производственных предприятий, которые формируют входные потоки вещества, энергии и информации для молочной промышленности, что позволяет объединить отражения основных возможных вариантов внешних условий функционирования популяции и ее внутренней структуры.

The aim of the article is developing information tools for the economic and mathematical modeling of the dynamics of evolutionary processes concerning trophic relationships of populations of enterprises, which allowed to conduct the phase and bifurcation analysis of possible dynamic regimes of the populations' evolution, determine the mechanisms of influence of the external environment and the internal structure of the system, identify patterns and limits of stability of M&A processes. In the work the main provisions of the evolutionary concept concerning development of the population of enterprises as an economic system are analyzed, the provisions of the evolutionary concept of population systems' development are considered, the basis of evolutionary modeling methods allowing to analyze the functioning of populations of enterprises in terms of individual strategies of each enterprise's behavior is studied. The basic principles of synergy of the life cycle evolution for populations of enterprises are determined. An evolutionary approach to the evaluation of a synergistic effect of M & A is proposed. The evolutionary modeling of the scenario for self-organization of populations of dairy industry enterprises through a combination of statistical and expert data is applied. There also created a model of the population of firms reflecting behavioral and resource and technological characteristics of the studied in the work real population of industrial enterprises, which form the input flows of matter, energy and information to the dairy industry, which allows to combine the reflection of main possible options in terms of the external conditions of the population functioning and its internal structure.

**Ключевые слова:** моделирование, эволюция, слияния, поглощения, трофические отношения, хищник – жертва, бифуркационный анализ.

**Рис.: 3. Формул: 2. Библ.: 20.**

**Иванченко Геннадий Федорович** – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры информационных систем в экономике, Киевский национальный экономический университет им. В. Гетьмана (пр. Победы, 54/1, Киев, 03068, Украина)

**E-mail:** Ivan734@i.ua

**Далайин Бадер Омар Ахмд** – аспирант кафедры информационных систем в экономике, Киевский национальный экономический университет им. В. Гетьмана (пр. Победы, 54/1, Киев, 03068, Украина)

**E-mail:** Ivan734@i.ua

**Keywords:** modeling, evolution, mergers, acquisitions, trophic relationships, predator – victim, bifurcation analysis.

**Fig.: 3. Formulae: 2. Bibl.: 20.**

**Ivanchenko Hennadii F.** – Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor, Professor of the Department of Information Systems in the Economy, Kyiv National Economic University named after V. Hetman (54/1 Peremohy Ave., Kyiv, 03068, Ukraine)

**E-mail:** Ivan734@i.ua

**Delayeen Bader Omar Ahmad** – Postgraduate Student of the Department of Information Systems in the Economy, Kyiv National Economic University named after V. Hetman (54/1 Peremohy Ave., Kyiv, 03068, Ukraine)

**E-mail:** Ivan734@i.ua

**Постановка проблеми.** Ситуація на ринку злиття та поглинання України М & А (англ. Mergers & Acquisitions) постійно змінюється під впливом зовнішніх факторів, таких як фінансова криза, загострення політичної ситуації, стрімка девальвація національної валюти. Саме такі зміни зумовлюють об'єктивну необхідність постійного пошуку нових підходів до прогнозування цінової політики М&А, розроблення інструментарію економіко-математичного моделювання еволюційних процесів внутрішньовидової конкуренції.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Теоретичні та методологічні основи дослідження складають роботи вітчизняних і зарубіжних авторів у сфері еволюційної економічної теорії та М & А. Серед родоначальників ідей теорії особливо виділяються такі дослідники: А. Алчян [13], Т. Мальтус [18], Ф. Хайек [11], Й. Шумпетер [12].

Теоретико-математичні основи популяції закладалися в роботах А. Лотка [16–17] та В. Вольтерра [4; 19; 20]. Розвиток математичної сторони цих досліджень були зроблені у серії робіт А. Базикіна [1–3], А. Вітта [6], Г. Гаузе [5; 6].

**Метою дослідження** є розробка інформаційного інструментарію економіко-математичного моделювання динаміки еволюційних процесів трофічних відносин популяцій підприємств, що дозволило провести фазовий і бифуркаційний аналіз можливих динамічних режимів еволюції популяцій, визначити механізми впливу зовнішнього середовища та внутрішньої структури системи, виявити закономірності та межі стійкості процесів М & А.

**Основні результати дослідження.** Еволюційний підхід в економічній науці сформувався на стику різних наукових напрямів. У рамках еволюційного підходу використовуються методи теоретико-математичної біологічної аналогії зі співтовариствами, розглядається динаміка конкурентної боротьби популяцій за ресурси і за споживача. Динамічні зміни структури економічної системи оцінюються у рамках цих моделей по значенню якісних макроскопічних параметрів системи.

Останніми роками дослідники намагаються застосувати ідеї еволюційного проектування систем [15] як основу для моделювання процесів управління підприємством з використанням загальної теорії еволюції [14] і методології конструювання соціальних економічних систем [10], доповнених критичною теорією систем.

Дослідження показали, що процеси в економічних системах володіють деякими властивостями, характерними для фізичних і біологічних явищ: хаотичною нестійкістю

взаємодії елементів системи в стані нерівноваги, стохастичними флуктуаціями, визначенням притягуючих множин аттракторів, бифуркацією процесів самоорганізації.

В дослідженні передбачається, що конкурують популяції, які споживають ресурси з обмеженого джерела та поставляють на ринок однотипну продукцію, наприклад, молоко та молокопродукти. Вся система в стані нерівноваги, взаємодіючи з іншими популяціями, передає останнім хаотичне «збурення», що призводить до формування нової дисипативної структури системи та «каталізує» в них зміни, визначає напрям бифуркації процесів їх самоорганізації. Процес хаотичної взаємодії елементів еволюційної системи в стані нерівноваги є синергетичною когерентністю.

В основу математичної моделі динаміки конкуренції застосовано, по аналогії з моделями чисельності популяцій в біології («хижак – жертва»), міркування балансу сумарної чисельності популяції, обмеженої ресурсами. Для економічної системи це може бути обсяг виробництва, прибуток, ціна акцій, кількість клієнтів тощо.

В економічній системі трофічні ресурси популяції обмежені. Споживаний популяцією трофічний ресурс може як відновлюватися під час існування на ньому популяції, так і не відновлюватися. Якщо в системі конкурують декілька популяцій: фірм, підприємств, організацій, то рівняння динамічного взаємозв'язку для кожної з них необхідно доповнити перехресними зв'язками – взаємним впливом одне на одного.

Під час дослідження трофічних взаємостосунків у системі чотирьох популяцій природно використовувати термін «сировина» та зберегти термін «продуцент» для виду, що є «їжею» для двох інших популяцій співтовариства, і термін «покупець – господарюючий суб'єкт» для лідерів процесів М & А обох партнерів по виду популяції. Для популяції, що є «хижаком» щодо «продуцента» і «жертвою» щодо вищого «хижака», можна використовувати поняття «консумент». У роботі розглянуто варіант тривалого відновлюваного трофічного ресурсу (корма для популяції продуцента – корів і сировини – молока) з урахуванням нелінійності розмноження «жертви» при малій щільності популяції і наявності внутрішньовидової конкуренції популяції.

Обсяги виробництва молочної продукції залежать від обсягів виробництва молока та стану тваринництва у країні. Популяція поголів'я корів, обмежена зовнішніми ресурсами (кормами), протягом останніх років в Україні зменшувалася та схильна до промислу.

Обмеженість зовнішніх ресурсів призводить до внутрішньовидової конкуренції, яка виявляється залежно від плодючості, смертності, щільності популяції «продуцента» при реалізації «факультативного хижацтва» в молочній промисловості України. Швидкість поглинання популяції залежить від щільності популяції «жертви» та «хижака». Внаслідок внутрішньовидової конкуренції плодючість зі зростанням щільності зменшується.

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = a_{11} * (x_1(t) - \frac{x_1(t)^2}{K_1}) + a_{12} * x_1(t) * x_2(t) - a_{13} * x_1(t) * x_3(t) - a_{14} * x_1(t) * y(t) - \xi(t) \\ \frac{dx_2}{dt} = a_{22} * (x_2(t) - \frac{x_2(t)^2}{K_2}) + a_{21} * x_2(t) * x_1(t) - a_{23} * x_2(t) * x_3(t) - a_{24} * x_2(t) * y(t) \\ \frac{dx_3}{dt} = a_{33} * (x_3(t) - \frac{x_3(t)^2}{K_3}) + a_{31} * x_3(t) * x_1(t) + a_{32} * x_3(t) * x_2(t) - a_{34} * x_3(t) * y(t) \\ \frac{dy}{dt} = a_{44} * (y(t) - \frac{y(t)^2}{K_4}) + a_{41} * y(t) * x_1(t) + a_{42} * y(t) * x_2(t) + a_{43} * y(t) * x_3(t) \\ NPVS = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta y_i}{(1+r_e)^i} - P - E; \end{cases} \quad (1)$$

На відміну від існуючих моделей, що акцентують увагу на дії окремих еволюційних механізмів популяції і окремих аспектах середовища популяції, розроблений модельний комплекс [9] об'єднує віддзеркалення особливостей макроточення та внутрішнього стану середовища, пов'язаних із дією механізмів зовнішнього конкурентного тиску на підприємство і розповсюдженням інформації у популяції, та реалізує запропоновану методику на прикладі конкретної популяції підприємств молочної промисловості.

Схема системи еволюційного прогнозування синергетичного ефекту М & А складається з послідовно і паралельно з'єднаних блоків (рис. 1). На цьому рисунку також зображені результуючі графіки динаміки розвитку популяції і доходів у системі.

Блоки 1÷4. Арифметичні блоки, для розрахунку чисельності популяції трофічної мережі для економічної системи  $x_{i=1,3}(t)$ ,  $y(t)$ . Ми розглядатимемо *однорідні* популяції, для яких поняття чисельності та щільності є синонімами. Для якісного аналізу це може бути: обсяг виробництва, прибуток, ціна акцій, кількість клієнтів, питомі доходи  $i$ -го підприємства (популяції) на одиницю капіталу.

Блоки 5÷8. Інтегруючі, які використовують перетворення Лапласа лінійності і диференціювання та розраховують числові значення чисельності популяції  $x_{i=1,3}(t)$ ,  $y(t)$  та  $\Delta y_i$  – потік грошових коштів для акціонерів під час М & А.

Блоки 9÷29. Пропорційні блоки, які надають значення міжпопуляційних коефіцієнтів  $a_{ij}$  усереднених ринкових еволюційних мультиплікаторів (коефіцієнти конкуренції). Коефіцієнти  $a_{ij}$  можна трактувати як потенційно можливий річний приріст доходів (або продукції в натуральному вираженні) за умови безмежного ринку й експоненціального зростання доходів і відсутності конкуренції. Збільшення доходів припиняється після заповнення ринку або навіть зменшується через дії конкурента, але зазначені коефіцієнти залишаються постійними і сталими протягом усього процесу, оскільки модель базована на логістичних рівняннях. Чим краще положення підприємства, тим більше  $a_{ij}$ . Це означає, що у міру вичерпання ресурсу приріст виду

Система диференціальних рівнянь логістичної динамічної моделі чотирьох взаємодіючих популяцій у мережі трофічних відносин відповідно до методики Лотки–Вольтерра, яка враховує еволюційну динаміку популяцій: «продуцент ( $x_1(t)$ )» → «сировина ( $x_2(t)$ )» → «консумент – потенційний конкурент ( $x_3(t)$ )» → «покупець – господарюючий суб'єкт  $y(t)$  (потік грошових коштів  $\Delta y_i$ )» та прогнозує синергетичний ефект, можна навести у вигляді:

уповільнюється нелінійно в квадраті, хоча коефіцієнти  $a_{ij}$  залишаються постійними.

Блок 30. Блок, який розраховує чистий приведений ефект синергії у часі [7]. Аналіз ефективності злиття проводиться побудовою моделі дисконтованого майбутнього потоку. З урахуванням вищевикладеного, представляється доцільним використовувати як модель оцінки ефекту синергії від догод М & А – модель дисконтування грошових потоків. Отже, достовірніше величину ефекту синергії можна розрахувати на основі показника чистого приведенного ефекту синергії (NPVS – Net Present Value Synergies).

$$NPVS = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta y_i}{(1+r_e)^i} - P - E; \quad (2)$$

$$\Delta y_i = \Delta S - \Delta C - \Delta T - \Delta NWC - \Delta Capex \pm \Delta L + \Delta Debt - \Delta I,$$

де  $\Delta S$  (sales) – приріст виручки;

$\Delta C$  (costs) – економія на витратах; слід розглядати в розрізі окремих галузей з урахуванням так званого «списку заявок» на досягнення тих синергій, які з найбільшою ймовірністю виявляються у підприємств цієї галузі;

$\Delta T$  (tax) – економія на податку на прибуток;

$\Delta NWC$  (net working capital) – економія на інвестиціях в оборотний капітал;

$\Delta Capex$  (capital expenditure) – економія на капіталовкладеннях;

$\pm \Delta L$  (labor) – приріст доходів (+) / економія на витратах (-) унаслідок об'єднання управлінських здібностей команди;

$\Delta Debt$  – зміна чистого боргу (з урахуванням фінансової синергії);

$\Delta I$  (investment) – додаткові інвестиції на реструктурування;

$r_e$  (return) – прибутковість акціонерного капіталу (бар'єрна ставка);

$P$  (premium) – премія, що виплачується при поглинанні компанією-покупцем акціонерам компанії-мети;

$E$  (expenses) – витрати покупця під час процесу поглинання.

$K_{i=1,4}(t)$  – коефіцієнти доступності трофічних ресурсів (максимальний обсяг ринку для популяції підприємств – граничні щільності насичення або місткість середовища, яке може підтримувати існування в популяції не більш ніж  $K_j$  особин);  $\frac{x_i(t)^2}{K_j}, \frac{y(t)^2}{K_4}$  – внутрішньопопуляцій-

на конкуренція врахована другим членом у рівняннях моделі;  $\xi(t)$  – стохастична складова; Зв.Зв. – зворотний зв'язок.

Результати роботи системи еволюційного прогнозування синергетичного ефекту злиття та поглинання на прикладі трофічної мережі підприємств молочної промисловості зручно подавати у вигляді траєкторій – кривих, викреслюваних станом популяції, що зображено в просторі фазових змінних  $x_{i=1,3}(t), y(t)$  у часі (рис. 1).

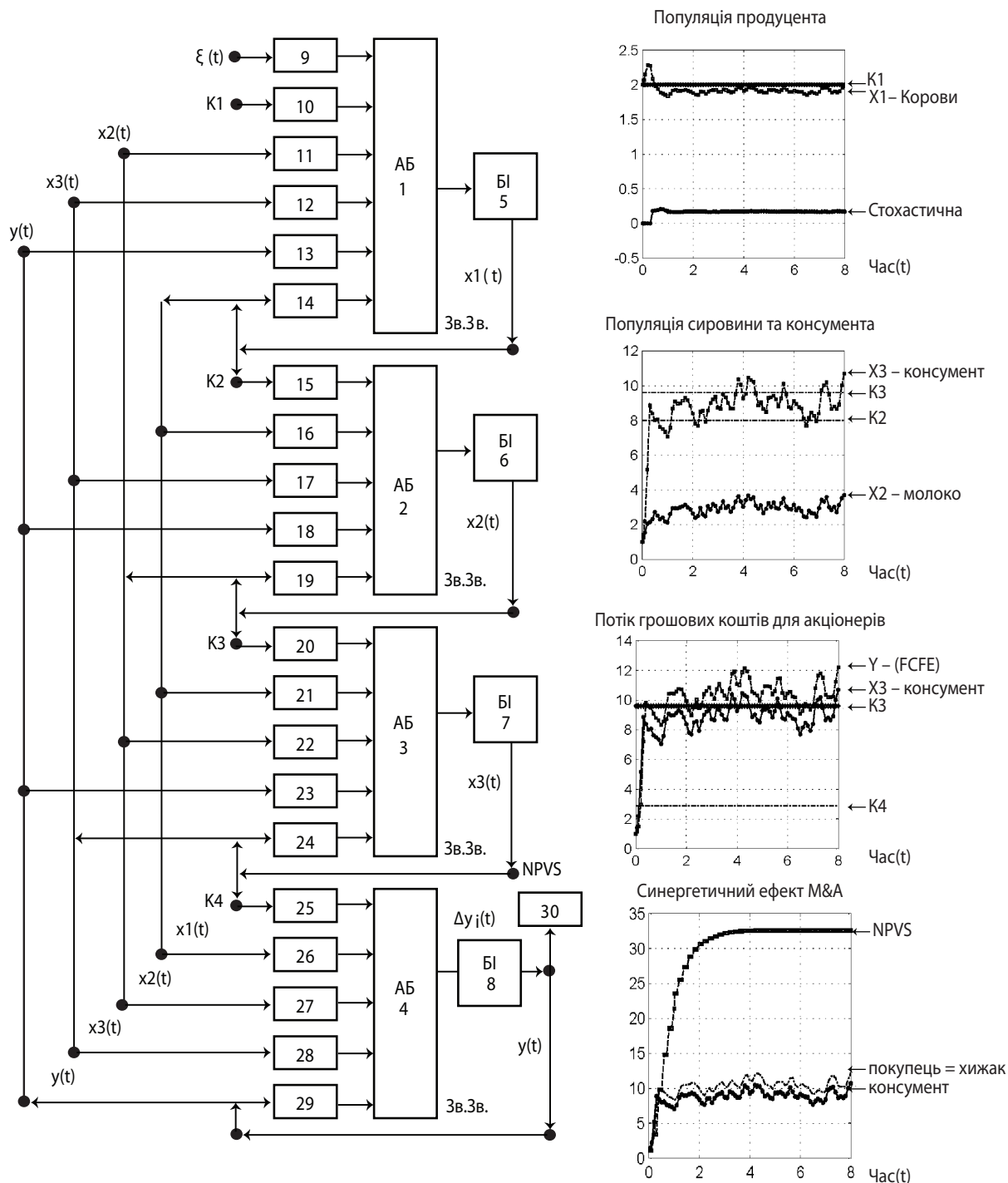


Рис. 1. Схема системи еволюційного прогнозування синергетичного ефекту М & А та графіки динаміки розвитку популяцій і доходів

Джерело: сформовано авторами

Математичні моделі, подібні описаним (1), відносяться до розряду якісних, вони покликані описувати принципи якісні властивості процесів, що вивчаються, а не їх детальні характеристики. Питання, що виникають під час дослідження таких моделей, повинні носити якісний характер. При явній кількісній неточності моделей точне їх розв'язання не має рації.

Одним із прикладів біологічного аналогу економічної популяції підприємства є віолент (зрілість), який характеризується пристосованістю до існування у багатих ресурсами, але щільно заселених системах, володінням ефективними механізмами захоплення ресурсів і максимізації продуктивності та більш бюрократичними відносинами управління підприємством. Графіки динаміки розвитку популяції і доходів для сценарію життєвого циклу популяції (ЖЦП) віолент приведено на рис. 1.

Системи ЖЦП віолент й їх компоненти схильні до флуктуацій (коливань, змін, збурень), які в рівноважних, закритих системах гасяться самі собою. У відкритих системах під впливом зовнішнього середовища внутрішні флуктуації можуть наростати до такої межі, коли система не в силах їх погасити. Фактично внутрішні флуктуації розглядаються в концепціях самоорганізації як нешкідливі, і лише зовнішні дії роблять більш-менш значущий вплив.

Самоорганізація, як процес узгодженості й упорядкованості взаємозв'язків між елементами системи, призводить до зміни її стану. Зміна стану системи розглядається як результат когерентної взаємодії її підсистем. Самоорганізованість, системи «підтягує» інші взаємодіючі з нею системи до рівня, адекватного їй самій, виступаючи при цьому як випадковість процесів самоорганізації. Саме через наявність когерентної передачі флуктуації по системі остання набуває нових ознак свого розвитку.

Одним із основних понять якісної теорії математичного моделювання є поняття структурно стійкої системи. За визначення структурної стійкої системи було взято властивість збереження структури фазового портрета при малих змінах системи. Важливий результат полягає в тому, що, крім структурно стійких особливих точок і граничних циклів, що притягують множини, звані аттракторами, в стійких динамічних системах виду (1) не буває.

Параметричне дослідження побудованої системи, фазові траєкторії – портрети проведені у тривимірному просторі в середовищі MatLab (рис. 2).

Як бачимо, після короткого перехідного процесу система входить до коливального режиму, до того ж амплітуда і частота коливань не залежать від початкових умов (за будь-яких початкових умов система прийде в той самий коливальний стан). Інерційність ЖЦП віолент проявляється у виникненні затримки в системі, яка симптоматично реагує на збурюючі й управляючі дії.

Згідно з принципами самоорганізації структура популяції як соціально-економічної системи першою набуває змін у точці біфуркації, за нею відбуваються зміни зв'язків елементів системи, їх функціонування та поведінки в цілому. В еволюційний період розвитку структура популяції забезпечує стабільність, стійкість, гасячи флуктуації, що виникають всередині і походять із зовнішнього середовища.

Біфуркаційні процеси самоорганізації виникнення порядку, що відбуваються в точці, з хаосу, породжуваного флуктуаціями, змушують по-іншому поглянути на роль,

що виконує хаос. Ентропія може не тільки зруйнувати систему, але і вивести її на новий рівень самоорганізації, оскільки за періодом хаотичної нестійкості настає вибір аттрактора, внаслідок чого може сформуватися нова дисипативна структура системи, зокрема більш впорядкована, ніж структура, що існувала до цього періоду. Отже, за певних умов хаос стає джерелом порядку в економічній системі (так само, як і порядок у результаті його консервації неминуче стає джерелом зростання ентропії). Періодична зміна порядку та хаосу, їх постійна боротьба один з одним дають системі можливість розвитку, зокрема і прогресивного.

Під час розгортання еволюційного процесу відбувається повільне накопичення кількісних і якісних змін параметрів системи та її компонентів, відповідно до яких у точці біфуркації система вибере один із можливих для неї аттракторів. Будь-яка з описаних ситуацій реалізується проходженням системи через так звану точку біфуркації, спричиненої флуктуаціями, у якій система набуває нестійкості. Точка біфуркації являє собою переломний, критичний момент у розвитку системи, у якому вона здійснює вибір шляху, – це точка розгалуження варіантів подальшого розвитку.

У результаті цього відбудеться якісний стрибок, і система сформує нову дисипативну структуру, відповідну вибраному аттрактору, що відбувається в процесі адаптації до умов змін зовнішнього середовища.

Для ілюстрації характеру поведінки системи її динамічних режимів у просторі досліджуваних параметрів використано метод точкових відображень побудови біфуркаційних діаграм **за допомогою двовимірних зрізів параметричного простору** (рис. 3).

Як бачимо, загасаючий коливальний процес зображується на фазовій площині у виді збіжної спіралевидної кривої. Момент досягнення системою критичної точки переходу в біфуркаційний стан залежить від сили впливу флуктуації трофічних взаємодій на нерівновагу в системі. Сила впливу флуктуації визначає стійкість системи. Найбільші флуктуації на фазовому портреті популяції  $x_2(t)$  – сировини молочної промисловості, що виявляє характер змін, які відбуваються, їх оцінку і чутливість результуючих показників до стратегічних елементів розвитку, методики оцінки ресурсного забезпечення і ресурсного обмеження розвитку підприємства, що дозволяють визначити можливі стратегії змін і вибрати найбільш адекватну ситуації стратегію.

#### Висновки

1. Запропонована система [9], дозволяє точніше і об'єктивно врахувати й оцінити весь спектр вияву форм ефекту синергетичної когерентності *біфуркаційних* еволюційних процесів (як кількісно, так і якісно) від злиття і поглинання компаній і дає тим самим можливість відбирати й укладати лише ті угоди М & А, які будуть перспективними з погляду розвитку підприємства.
2. Слід зазначити, що еволюційний хаос не є випадковий, незважаючи на властивість непередбачуваності. У будь-якій динамічній системі за порядком у звичайному його розумінні з неминучістю слідує хаос, а за хаосом – порядок. Рух від порядку до хаосу і назад, як видно, є сутністю еволюційної економіки.

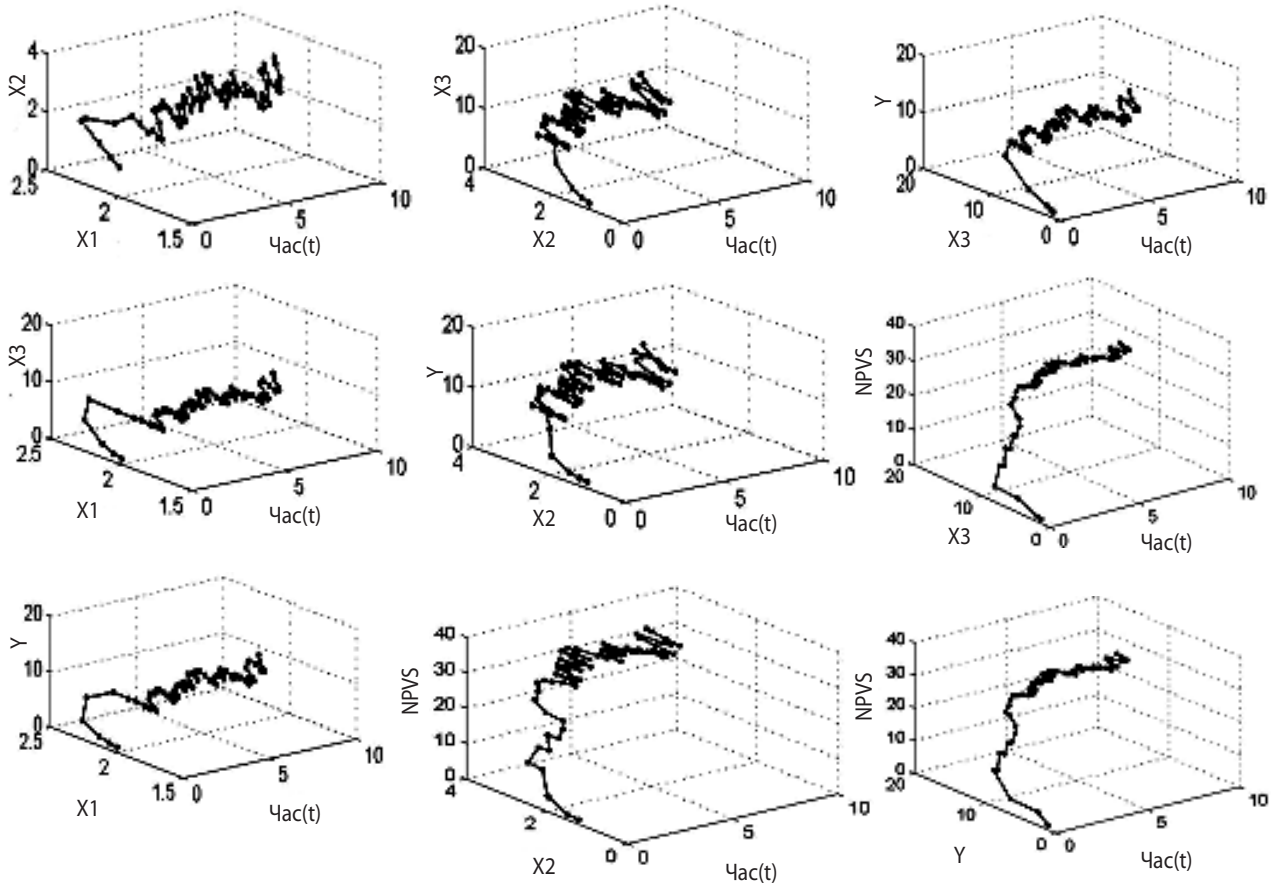


Рис. 2. Фазові портрети  $x_{i=1,3}(t)$ ,  $y(t)$ , NPVS в системі сценарію ЖЦП віолент

Джерело: сформовано авторами

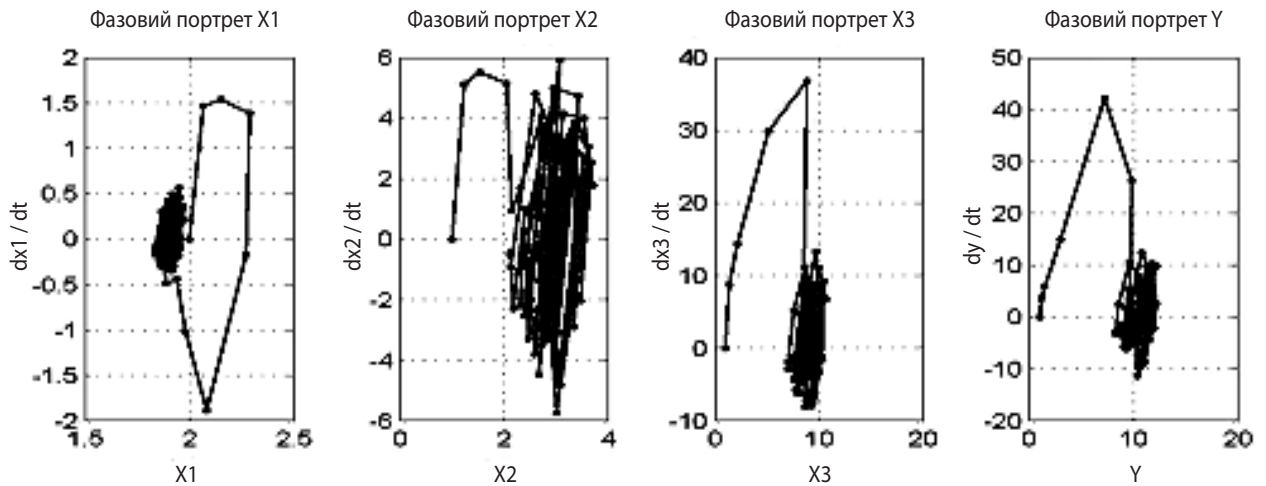


Рис. 3. Фазові портрети  $\frac{dx_{i=1,3}(t)}{dt}$ ,  $\frac{dy(t)}{dt}$  біфуркаційних діаграм у системі сценарію ЖЦП віолент

Джерело: сформовано авторами

3. Розвиток популяцій підприємств відбувається стрибкоподібно. Більша частина часу діяльності популяцій може бути описана як певний стійкий стан її складників. Тобто на певний період часу вона приймає чітко визначену форму структури,

адекватну певному контексту. Такий стан популяції можна назвати еволюційним розвитком, причому кожен еволюційний період характеризує певний домінуючий життєвий цикл.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Базыкин А. Д. Нелинейная динамика взаимодействующих популяций / А. Д. Базыкин. – М.; Ижевск: Ин-т компьютерных исследований. – 2003. – 368 с.
2. Базыкин А. Д. Математическая биофизика взаимодействующих популяций / А. Д. Базыкин. – М.: Наука, 1985. – 165 с.
3. Базыкин А. Д. Система Вольтерра и уравнение Михаэлиса – Ментен / А. Д. Базыкин // Вопросы математической генетики. – Новосибирск, 1974. – С. 103–143.
4. Вольтерра В. Математическая теория борьбы за существование / В. Вольтерра; пер. с фр. под ред. Ю. М. Свирижева. – М.: Наука, 1976. – 286 с.
5. Гаузе Г. Ф. Математический подход к проблемам борьбы за существование // Зоологический журнал. – 1933. – Т. 12, № 3. – С. 170–177.
6. Гаузе Г. Ф. О периодических колебаниях численности популяций. Математическая теория релаксационного взаимодействия между хищниками и жертвами и ее применение к популяциям двух простейших / Г. Ф. Гаузе, А. А. Витт // Известия АН СССР. Отд. мед., мат. и естеств. наук, 1934. – № 10. – С. 1551–1559.
7. Далайін Б. О. А. Синергетичний ефект еволюційних процесів злиття та поглинання / Б. О. А. Далайін // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2015. – Вип. 2 (85). – С. 5–9.
8. Занг В.-Б. Синергетическая экономика. Время и переменные в нелинейной экономической теории / В.-Б. Занг. – М.: Мир. – 1999. – 335 с.
9. Патент України на корисну модель; UA 104435 U, G06Q50/00, G06Q90/00. Система еволюційного прогнозування синергетичного ефекту злиття та поглинання підприємств / Г. Ф. Іванченко, Бадер Омар Ахмад Далайін, Н. О. Іванченко. – № u201508401; заявл. 26.08.2015; опубл. 25.01.2016. – Бюл. № 2/2016.
10. Ткач Т. В. Методологія проектування соціальних систем / Т. В. Ткач // Інституціональний вектор економічного розвитку. – 2013. – Вип. 6 (1). – С. 205–217.
11. Хайек Ф. Индивидуализм и экономический порядок / Ф. Хайек. – М.: Издательство, 2000. – 256 с.
12. Шумпетер Й. А. Теория экономического развития / Й. А. Шумпетер. – М.: Прогресс, 1982. – 456 с.
13. Alchian A. Biological Analogies in the Theory of the Firm: Comment / A. Alchian // The American Economic Review. – 1953. – Vol. 43. – Iss. 4. – P. 600–603.
14. Gajski D. Embedded System Design: Modeling, Synthesis and Verification / D. Gajski, S. Abdi, A. Gerstlauer, G. Schirner. – N. Y.: Springer, 2009. – 352 p.
15. Jenlink P. M. Dialogue as a Collective Means of Design Conversation / P. M. Jenlink, B. H. Banathym // Springer Science & Business Media. – 2007. – Vol. 2. – P. 25–38.
16. Lotka A. J. Elements of physical biology / A. J. Lotka. – Baltimore: Williams and Wilkins, 1925. – 460 p.
17. Lotka A. J. Elements of mathematical biology / A. J. Lotka. – N. Y.: Dover, 1956. – 465 p.
18. Malthus T. R. An essay of the principle of population / T. R. Malthus. – London: Johnson, 1798; N. Y.: Cambridge Univ. Press, 1992. – 126 p.
19. Volterra V. Variazione e iluttuazioni del numero d'individui in specie animali conviventi / V. Volterra // Mem. Accad. naz. Lincei. Ser. 6. – 1926. – Vol. 2. – P. 31–113.
20. Volterra V. Lecons sur la theorie mathematique de la lutte pour la vie / V. Volterra. – Paris: Gauthiers-Villars, 1931.

## REFERENCES

- Alchian, A. "Biological Analogies in the Theory of the Firm: Comment" *The American Economic Review* vol. 43, no. 4 (1953): 600-603.
- Bazykin, A. D. *Matematicheskaya biofizika vzaimodeystvuyushchikh populiatsiy* [Mathematical Biophysics of interacting populations]. Moscow: Nauka, 1985.
- Bazykin, A. D. "Sistema Volterra i uravneniye Mikhaelisa - Menten" [The system equation of Volterra and Michaelis - cement]. In *Voprosy matematicheskoy genetiki*, 103-143. Novosibirsk, 1974.
- Bazykin, A. D. *Nelineynaya dinamika vzaimodeystvuyushchikh populiatsiy* [Nonlinear dynamics of interacting populations]. Moscow: In-t kompiuternykh issledovaniy, 2003.
- Dalaiin, B. O. A. "Synerhetychnyi efekt evoliutsiinykh protsesiv zlyttia ta pohlynannia" [Synergetic effect of evolutionary processes of mergers and acquisitions]. *Visnyk KNUVD*, no. 2 (85) (2015): 5-9.
- Gauze, G. F., and Vitt, A. A. "O periodicheskikh kolebaniyakh chislenosti populiatsiy. Matematicheskaya teoriya relaksatsionnogo vzaimodeystviya mezhdh khishchnikami i zhertvami i ee primeneniye k populiatsii dvukh prosteyshikh" [On the periodic oscillations of the populations. The mathematical theory of the relaxation of interaction between predators and victims, and its application to populations of the two simplest]. *Izvestiya AN SSSR. Otd. med., mat. i estestv. nauk*, no. 10 (1934): 1551-1559.
- Gauze, G. F. "Matematicheskii podkhod k problemam borby za sushchestvovaniye" [A mathematical approach to the problems of the struggle for existence]. *Zoologicheskii zhurnal* vol. 12, no. 3 (1933): 170-177.
- Gajski, D. et al. *Embedded System Design: Modeling, Synthesis and Verification* New York: Springer, 2009.
- Ivanchenko, H. F., Dalaiin, B. O. A., and Ivanchenko, N. O. "Patent Ukrainy na korysnu model; UA 104435 U, G06Q50/00, G06Q90/00. Systema evoliutsiinoho prohnuzovannia synerhetychnoho efektu zlyttia ta pohlynannia pidpriemstv" [Ukraine patent for utility model; UA 104435 U, G06Q50/00, G06Q90/00. The system evolutionary prediction synergistic effect of mergers and acquisitions]. № u201508401; zaiavl. 26.08.2015; opubl. 25.01.2016. – *Biul. № 2/2016*.
- Jenlink, P. M., and Banathym, B. H. "Dialogue as a Collective Means of Design Conversation" *Springer Science & Business Media* vol. 2 (2007): 25-38.
- Khayek, F. *Individualizm i ekonomicheskii poriadok* [Individualism and economic order]. Moscow: Izograf, 2000.
- Lotka, A. J. *Elements of physical biology* Baltimore: Williams and Wilkins, 1925.
- Lotka, A. J. *Elements of mathematical biology* New York: Dover, 1956.
- Malthus, T. R. *An essay of the principle of population* London; New York: Johnson; Cambridge Univ. Press, 1798; 1992.
- Shumpeter, Y. A. *Teoriya ekonomicheskogo razvitiya* [The theory of economic development]. Moscow: Progress, 1982.
- Tkach, T. V. "Metodolohiia proektuvannia sotsialnykh system" [The methodology of designing social systems]. *Instytutsionalnyi vektor ekonomichnoho rozvytku*, no. 6 (1) (2013): 205-217.
- Volterra, V. *Matematicheskaya teoriya borby za sushchestvovaniye* [Mathematical theory of struggle for existence]. Moscow: Nauka, 1976.
- Volterra, V. "Variazione e iluttuazioni del numero d'individui in specie animali conviventi" *Mem. Accad. naz. Lincei. Ser. 6.* vol. 2 (1926): 31-113.
- Volterra, V. *Lecons sur la theorie mathematique de la lutte pour la vie* Paris: Gauthiers-Villars, 1931.
- Zang, V.-B. *Sinergeticheskaya ekonomika. Vremya i peremeny v nelineynoy ekonomicheskoy teorii* [Synergetic economics. Time and change in nonlinear economic theory]. Moscow: Mir, 1999.