

*Т. В. Кравченко*, асистент кафедри економіко-математичного моделювання ДВНЗ «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана»

## **МОДЕЛЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ОБ'ЄКТА ГОСПОДАРЮВАННЯ**

*АНОТАЦІЯ. Проведено критичний аналіз літератури щодо використання математичних моделей у сфері регіональної економіки. Сформульовано концепти побудови економіко-математичних моделей динамічної траєкторії об'єкта господарювання. Розроблено нелінійну безрозмірну математичну модель (ММ) динаміки економічного процесу у просторі подій з координатами «власний капітал - кількість працівників - запозичений капітал». Здійснено обчислювальний експеримент над зазначеною ММ, результати якого подано через динаміку подій з плином часу і фазові портрети (взаємозалежності між координатами простору).*

*КЛЮЧОВІ СЛОВА: регіон, економічний розвиток, прогнозування, синергетичний підхід, обчислювальний експеримент.*

*АННОТАЦИЯ. Проведен критический анализ литературы по использованию математических моделей в области региональной экономики. Сформулированы концепты построения экономико-математических моделей динамической траектории объекта хозяйствования. Разработана нелинейная безразмерная математическая модель (ММ) динамики экономического процесса в пространстве событий с координатами «собственный капитал - количество работников - заимствованный капитал». Осуществлен вычислительный эксперимент над указанной*

*ММ, результаты которого подано через динамику событий с течением времени и фазовые портреты (взаимозависимости между координатами пространства).*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *регион, экономическое развитие, прогнозирование, синергетический подход, вычислительный эксперимент.*

**ABSTRACT.** *The critical analysis of literature on the use of mathematical models in the field of regional economy has been held. The concepts of developing economic and mathematical models of business facility dynamic trajectory have been formulated. The work has developed a nonlinear dimensionless mathematical model (MM) of the dynamics of economic process in the space of events with coordinates such as «own capital — number of the employees — borrowed capital». An experiment was carried out on the mentioned MM, the results of which represented through the dynamics of events with the passage of time and through phase portraits (interdependence between the coordinates of space).*

**KEY WORDS:** *region, economic development, forecasting, synergetic approach, computing experiment.*

**Вступ.** Неупинно зростаючий рівень невизначеності і динамічності економічного середовища, в якому функціонують регіони, істотно підвищує ступінь вимог щодо системного оцінювання регіонального економічного розвитку. Математичне моделювання регіональної економіки, як стійкої і цілісної системи в довгостроковому періоді при достатній гнучкості і адаптивності суб'єктів господарювання, має сприяти стабільному його розвитку. На сьогодні спостерігається недостатня активність економічного розвитку, яка пов'язана з новою хвилею фінансово-економічної кризи, що негативно впливає як на ефективність функціонування окремих підприємств, так і на розвиток регіону в цілому.

Особливо гостро це відчувається для українських реалій, що проявляється у різкому погіршенні економічного стану країни, а саме: спад виробництва, порушення виробничих зв'язків, що склалися, банкрутстві підприємств, зростанні безробіття, що у результаті призводить до зниження життєвого рівня, добробуту населення.

Існуючі підходи до управління соціально-економічним розвитком не в змозі забезпечити розробку ефективних, своєчасних і адекватних сценаріїв розвитку і стратегічних планів. Внаслідок чого актуальним є питання розробки зазначених сценаріїв на основі економіко-математичних динамічних моделей як складової системи економічного розвитку регіону.

Науковими дослідженнями з вирішення проблем економічного розвитку регіону та вплив регіональних чинників на трансформацію підприємств відображається у в роботах відомих науковців В. Вітлінський, В. Геєць, В. Герасимчук, І. Грузнов, С. Дорогун-

цова, С. Єрохіна, Кузьмін, Б. Мізюк, Т. Пепа, Л. Петкова, О. Топчієв, В. Ханеша, Й. Шумпетера тощо.

Теоретичні, методологічні і організаційні основи прогнозування і планування регіональних та інших показників, що характеризують рівень економічного розвитку, розкрито В. І. Борисовичем [12]. Л. О. Петкова [11] в основу своїх досліджень поклала методика комплексного системного вивчення і оцінки впливу факторів на величину результативних показників (факторний аналіз), що мають вплив на економічне зростання регіонів. Негативні тенденції поглиблення регіональних диспропорцій та нерівномірності економічного розвитку регіонів досліджувався О. Г. Топчієвим [13]. У своїй роботі В. М. Геєць [10] використовує побудову моделей оцінки, аналізу і прогнозування економічних показників на макро- і мезорівнях з використанням сучасного економіко-математичного апарату.

У праці В. В. Вітлінського [1] викладено основні методологічні та методичні підходи до використання математичних моделей у сфері економіки та підприємництва, системно розкриті питання економіко-математичного моделювання та кількісного аналізу в контексті проблем перехідної економіки.

Проведений аналіз робіт засвідчує, що більшість згадуваних моделей носить глобальний характер (розглядає зазначену проблему на макрорівні). Ці моделі головним чином зорієнтовані на оцінку і прогноз стану навколишнього середовища, але не на управління економічними процесами в конкретних регіонах. Не завжди в повному обсязі були враховані регіональні особливості, що робить ці моделі швидше вербально якісними, ніж кількісними. Така особливість зумовлює необхідність подальшого поглиблення досліджень.

Тому в процесі розроблення і прийняття задовільної стратегії та управління регіональним економічним розвитком необхідно використовувати спеціальні методики та комплексні моделі, які б відображали різні грані самого економічного регіону та дозволяли комплексно оцінити та спрогнозувати його розвиток.

**Метою статті** є розглянути можливі стратегії економічного розвитку регіону з урахуванням його ключових факторів на підґрунті безрозмірної нелінійної динамічної моделі.

Відповідно до поставленої мети основними **завданнями** статті є:

- сформулювати основні вимоги та концептологію побудови ММ;
- запропонувати безрозмірні математичні моделі динаміки економічного розвитку регіону та їх числові параметри;

- на підґрунті комп'ютерного моделювання з'ясувати закономірності функціонування об'єкта дослідження в регіональній економіці.

**Виклад основного матеріалу.** На сьогодні ролі і призначенню стратегії економічного розвитку регіонів країни (об'єктів господарювання) приділяється значна увага. Це пов'язано з активною участю української держави у світових процесах глобального або локального характеру. Для такої динамічної ситуації неминуче з'являються питання виключної важливості, а саме: дослідження шляхів економічної еволюції; поведінка траєкторій розвитку; прогнозування числових значень показників, припускаючи наявність тих чи тих обставин.

Таким чином, потребується вміння адекватно описувати складні соціально-економічні процеси, своєчасно передбачати їх розвиток [9]. Відповідно найважливішим елементом дослідження будь-якої системи є прогноз. На основі обґрунтованого прогнозу визначаються цілі соціально-економічного розвитку регіону, уточнюються програмні заходи і пріоритети в розвитку регіонального господарського комплексу, формуються стратегії регіонального економічного розвитку.

Прогнозування соціально-економічного розвитку регіону — це передбачення майбутнього стану економіки і соціальної сфери як однієї із складової частини державного регулювання економіки, яка покликана визначати напрямки розвитку регіонального комплексу та його структурних складових [14]. Прогнозування є одним із засобів розробки стратегії економічного розвитку регіону та його ефективного управління як у всіх ланках, так і на всіх рівнях організації соціально-економічної системи.

Основою прогнозів стійкого розвитку є розробка сценаріїв перспективного розвитку, в основу яких повинні бути покладені вірогідні ситуації майбутнього розвитку регіональної системи.

До недавнього часу для проведення економічного аналізу та прогнозу популярно використовувати економетричні або експертні методи і моделі, але вони давали непогані результати тільки для стабільного і стійкого зростання світової економіки докризового періоду. Проте нинішній час характеризується періодом нелінійної поведінки економіки, нелінійної логіки її розвитку і нелінійними способами формування економічного стану [3]. І тому на сучасному етапі розвитку нашої держави прогнози на основі аналізу довгострокових тенденцій стали безглуздими, виникла гостра необхідність у застосуванні іншого наукового інструментарію. В центрі сучасних економічних досліджень постала синер-

гетика [4]. Саме синергетичний підхід до аналізу взаємодії і взаємовпливу економічних складових дає глибоке розуміння проблем економіки, їх можливого вирішення, надаючи сценарії розвитку подій і роблячи короткострокові прогнози при наявності різних стартових умов. Синергетична економіка націлена на опис нерівноважних процесів, на аналіз закономірностей руйнування старих і формування нових соціально-економічних структур.

Перенесення ідей синергетики в сучасні економічні дослідження пов'язане з побудовою математичних моделей (ММ), їх якісного і кількісного аналізу.

На даний час для визначення сценаріїв подальшого можливого економічного розвитку регіону виникає нагальна потреба в економіко-математичному моделюванні регіональних економічних систем з поєднанням сценарного аналізу. Зазвичай увага концентрується на проблемі стійкого розвитку, яка визначається специфікою конкретного об'єкта дослідження.

При цьому перевага повинна віддаватись таким регіональним моделям, які мають відповідати основним вимогам [6]:

1) *повнота* полягає у тому, що моделюванню підлягають всі сегменти досліджуваного об'єкта;

2) *комплексність* передбачає композицію підмоделей, їхньої певної структуризації, функції яких реалізуються на основі взаємодії різних підходів і методів;

3) *самоорганізація*. Модель — це система диференційних рівнянь з різними комбінаціями вхідних і проміжних змінних;

4) *синергічний* міжрегіональний розвиток, який переростає в інтеграційні процеси;

5) *керованість* — наявність вільних екзогенних змінних, якими визначаються економічні обмеження. Вони об'єднуються в сценарії, відображаючи різні стратегії керування стійкою системою в економічному аспекті;

6) *взаємозалежність показників*, яка характеризує розвиток економічного стану;

7) *забезпечення горизонтального і вертикально-зворотного зв'язку* з об'єктами, явищами і процесами більш високого ієрархічного рангу;

8) *розімкнутість* стосовно результатів моделювання, що дозволить вносити відповідні виправлення і уточнення до існуючої моделі.

Враховуючи основні вимоги, можна визначити основну концептологію побудови ММ економічних процесів і явищ, що базується на використанні двох фундаментальних понять [5]:

1) спосіб головних пропорцій у синергетиці стверджує, що швидкість змінюваності величини, вибраної в якості змінної економічного стану, пропорційна приросту зазначеного чинника мінус його витрати;

2) основний принцип кінетики — щоб взаємодіяти, треба зустрітися. Як правило, зустріч несе в собі білінійний характер.

На підґрунті сказаного в нашому випадку розглядається використання синергетичного підходу для дослідження економічного розвитку будь-якого об'єкта господарювання (на мікро- або макрорівні фірми, регіону тощо). Відомо, що для економічного розвитку будь-якого об'єкта господарювання, в тому числі і регіональної економіки в цілому впливають безліч факторів [2]. Так як економічний розвиток регіону розглядається на мікрорівні, де функціонує одне підприємство, то в якості координат економічного простору подій цілком природно вибрати такі виробничі фактори, як:  $Y_1$  — робоча сила (кількість найманих працівників),  $Y_2$  - обсяг власного капіталу,  $Y_3$  - запозичений капітал (кредит, інвестиції). Тоді вихідна або початкова математична модель функціонування економічного об'єкта має вигляд [15]:

$$\begin{cases} \frac{dY_1}{dt} = \alpha Y_2 Y_3 - \gamma Y_1; \\ \frac{dY_2}{dt} = \mu(Y_2 + Y_3) - \beta Y_1 Y_3; \\ \frac{dY_3}{dt} = \delta Y_2 - \lambda Y_3, \end{cases} \quad (1)$$

де змінна  $Y_1(t)$  описує кількість працівників фірми протягом часу  $t$ , змінна  $Y_2 = Y_2(t)$  відтворює власний капітал, а  $Y_3 = Y_3(t)$  — запозичений капітал (інвестиції, кредити), тобто обсяг кредиту.

Проте у ході дослідження виникає питання: які результати буде давати динамічна система (1), якщо наші змінні моделі будуть мати різну розмірність, наприклад, робоча сила працюючих буде вимірюватися числом працівників, а власний і запозичений капітал — в умовних одиницях (напр., грн)? У такому разі особливу роль відіграють безрозмірні величини. Їх числові значення не залежать від вибору системи одиниць [4]. Безрозмірні числа визначають умови подібності різних досліджуваних моделей, а також дозволяють зробити ряд якісних оцінок. Саме якісне дослідження починається з безрозмірнісного аналізу задачі. Виділення малих або великих безрозмірних параметрів дає можливість у ряді ви-

падків істотно спростити вихідну математичну модель, тому що безрозмірна інформація має безрозмірну числову форму.

Тому ми обмежимося лише перерахуванням основних безрозмірних чисел і характерних параметрів моделі, які виникають у разі подання рівнянь і граничних умов в безрозмірній формі. Введемо безрозмірні змінні [4] таким чином:

$$Y_3 = \frac{\mu}{\alpha} x, \quad Y_2 = \frac{\lambda \mu}{\alpha} y, \quad Y_1 = \frac{\mu}{\beta} z, \quad dt = \frac{d\tau}{\mu}.$$

Тоді синергетична модель (1), що описує динаміку економічного стану об'єкту в часі, буде мати вигляд системи трьох звичайних диференціальних рівнянь (ЗДР) першого порядку [7]:

$$\begin{cases} \dot{x} = \frac{\delta \lambda}{\mu} y - \frac{\lambda}{\mu} x; \\ \dot{y} = y + \frac{1}{\lambda} x - \frac{1}{\lambda} xz; \\ \dot{z} = -\frac{\gamma}{\mu} z + \frac{\lambda \beta}{\alpha} yx, \end{cases} \quad (2)$$

де вже безрозмірна змінна  $x = x(t)$  — запозичений капітал (інвестиції, кредити) протягом часу  $t$ , змінна  $y = y(t)$  відтворює власний капітал, а  $z = z(t)$  — описує робочу силу (кількість найманих працівників). А величини  $\dot{x}$ ,  $\dot{y}$ ,  $\dot{z}$  є похідні по незалежній змінній  $t$ . Скалярні величини  $\alpha, \gamma, \mu, \beta, \delta, \lambda$  входять у цю систему як постійні і керуючі параметри, де  $\alpha$  — відображає фактори, які спонукають до створення привабливої зовнішнього вигляду об'єкта;  $\gamma$  — фактори, які відображають різні причини, в результаті яких співробітник може звільнитися (або звільнити його);  $\mu$  — узагальнюючі фактори, які впливають на ефективність капіталовкладень (наприклад, інвестиційний клімат, вплив різноманітних податків, тощо);  $\beta$  — фактори, які відображають величину витрат на співробітників;  $\delta$  — узагальнюючі фактори, які впливають на обсяг власного капіталу;  $\lambda$  — узагальнюючі фактори, які показують доступність запозичених коштів — чим більший цей показник, тим менш доступні кошти (високі банківські проценти тощо).

Нелінійна диференціальна система (2) впливає з ММ (1), якою описується виробнича діяльність підприємства в масштабах ре-

гiону у зазначених вище координатах з полином часу  $t$ , тобто вид-  
творюється математично економiчний розвиток протягом деякого  
часу, починаючи з моменту  $t_0$ .

Нелiнійна система (2) звичайних диференцiальних рiвнянь  
першого порядку за своєю структурою i своїм складовими нага-  
дує класичну модель Лоренца [3, 8], структура якої в точностi  
спiвпадає, але мають мiсце принциповi вiдмiнностi у коефiцiєн-  
тах: у першому рiвняннi системи (2) коефiцiєнти бiля змiнних не  
рiвнi мiж собою; у другому i третьому рiвняннях системи коефi-  
цiєнти стоять бiля нелiнiйних доданкiв.

Використовуючи варіант безрозмірної ММ (2), попередньо до  
основного дослідження статті, повторимо результат [15], оскiль-  
ки в такому разi все виглядає бiльш простiше i стає доступнiшим,  
утворюючи певну методику якiсного вивчення проблеми.

Система диференцiйних рiвнянь (2), використовуючи пакет  
Mathcad, чисельно iнтегрувались класичним методом Рунге-Кут-  
та з постiйним кроком  $rkfixed(Y, 0, 20, 1000, D)$  на часовому вiд-  
рiзку  $[0, 20]$  при такому наборi числових значень коефiцiєнтiв: а)  
 $\alpha = 5$ ;  $\mu = 2,1$ ;  $\gamma = 1$ ;  $\beta = 8$ ;  $\delta = 0,6$ ;  $\lambda = 2,46$ ; б)  $\alpha = 5$ ;  $\mu = 2,1$ ;  $\gamma = 8$ ;  
 $\beta = 8$ ;  $\delta = 0,6$ ;  $\lambda = 0,5$ .

Графiчно результати числового моделювання зображено на  
рис. 1—8, де:  $z$  — робоча сила (кiлькiсть найманих працiвникiв),  
 $y$  — обсяг власного капiталу,  $x$  — запозичений капiтал (кредит,  
iнвестицiї).

На рис. 1 вiдображено змiнюванiсть у часi робочої сили (кiль-  
костi працюючих) фiрми, обсягiв власного та запозиченого капi-  
талу, причому в першi двi одиницi часу  $t$  вiдбуваються збiльшен-  
ня робочої сили i рiзке зменшення власного. Далi спостерiгається  
стiйкi перiодичнi коливання для окремо взятої змiнної, причому  
кiлькiсть найманих працiвникiв стiйко перебуває на високому рiв-  
ннi, при цьому рiвень запозичених коштів i обсягу власного капi-  
талу сягають найнижчого рiвня. Пояснюється це тим, що пiдпри-  
ємству не вистачає власних коштів для покриття своїх витрат  
самостiйно, а саме: виплату заробiтної плати робiтникам; виплату  
запозичених коштів, якi брались пiд великi процентнi ставки. Це  
негативно впливає на дiяльнiсть пiдприємства, що неминуче при-  
зводить до зuboжiння, а далi i до банкрутства дослiджуваного  
об'єкту.

Рис. 2—4 — фазовi портрети в координатах: рис. 2 — «обсяг  
власного капiталу — робоча сила»; рис. 3 — «обсяг власного ка-  
пiталу — запозичений капiтал»; рис. 4 — «робоча сила — запози-  
чений капiтал».



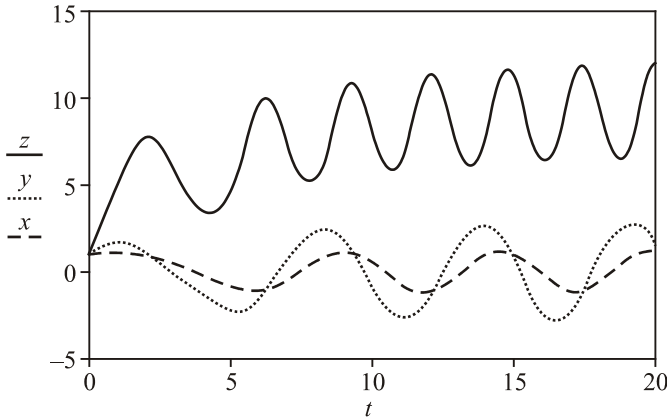


Рис. 1. Інтегральні криві  $x, y, z$

при  $\alpha = 5$ ;  $\mu = 2,1$ ;  $\gamma = 1$ ;  $\beta = 8$ ;  $\delta = 0,6$ ;  $\lambda = 2,46$ ;  $t \in [0; 20]$ ;  $Y[1; 1; 1]^T$

На кожній фазовій координатній площині спостерігається: рис. 3. — граничний цикл, рис. 2 і 4 — дивний атрактор достатньої складної конфігурації. Це свідчить про нестійкий (хаотичний) характер між змінними, що зумовлюється зовнішніми впливами на об'єкт дослідження.

Кардинально інша ситуація спостерігається на рис. 5—8 при числовому наборі варіанта б).

На рис. 5 спостерігається невелике коливання до 5-го часового періоду, а далі ситуація стабілізується - обсяг власного капіталу покриває витрати на робочу силу і стабільно виплачується проценти по запозичених коштах. Це дає змогу зробити висновок про те, що досліджуваний об'єкт функціонує стабільно.

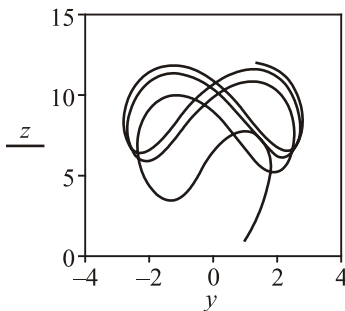


Рис. 2

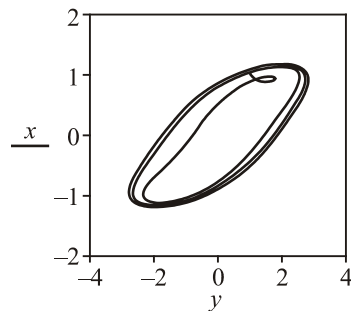


Рис. 3

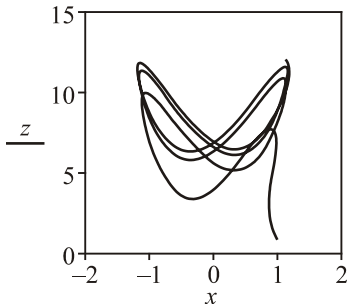


Рис. 4

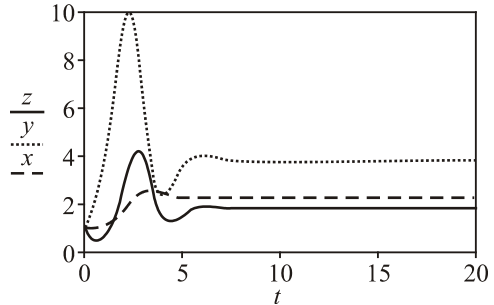


Рис. 5.

Інтегральні криві  $x, y, z$  при  $\alpha = 5$ ;  $\mu = 2,1$ ;  $\beta = 8$ ;  $\delta = 0,6$  і  $\gamma = 8$ ;  
 $\lambda = 0,5$ ;  $t[0;20]$ ;  $Y[1;1;1]^T$

Фазові портрети рис. 6—8 показують результати числового моделювання залежності однієї змінної від іншої. На рис. 6—7 спостерігається збільшення власного капіталу, що приводить до можливості збільшення робочої сили і запозичених коштів, при цьому покриття витрат пов'язаних з цим не призводить до критичного його зменшення. Рис. 8 показує, що при збільшенні кваліфікованої робочої сили потреба в запозичених коштів поступово зростає.

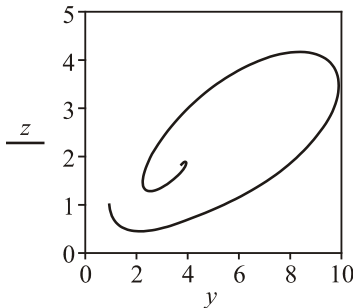


Рис. 6

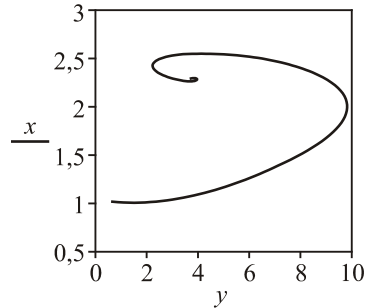


Рис. 7

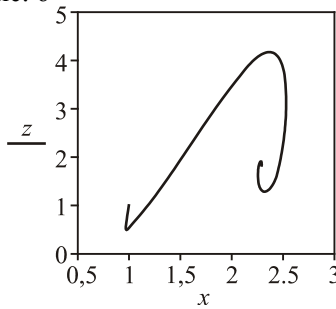


Рис. 8

Аналізуючи графіки (рис. 1—4 і рис. 5—8), бачимо, що важливим для нормального функціонування підприємства на мікро-регіональному рівні є певна сукупність чинників (числові коефіцієнти), які суттєво впливають на нього. З результати комп'ютерного моделювання варіантів а) та б) з'ясовано, що важливими показниками є скаляри  $\lambda$  і  $\gamma$  у функціонуванні підприємства на регіональному рівні. Чим більший коефіцієнт  $\gamma$  і чим менший коефіцієнт  $\lambda$ , тим більш стабільніше розвивається досліджуваний об'єкт. Таким чином, правильний вибір відповідних чинників надає підприємству можливість нормально розвиватися і визначити стратегію поведінки у зовнішньому середовищі для уникнення його зубожіння і навіть банкрутства. Наостанок, слід зауважити, що якщо розглядати обсяг власного капіталу зі знаком « $\rightarrow$ » (виходячи з українських реалій), то результати моделювання показують неминуче зубожіння та крах об'єкта господарювання за незначний період часу.

### **Висновки.**

1. Здійснено критичний аналіз літератури з питання економіко-математичного моделювання та кількісного аналізу регіонального економічного розвитку. Такий аналіз засвідчує, що більшість відомих у літературі моделей носить глобальний характер і розглядає зазначену проблему на макрорівні. Ці моделі в основному зорієнтовані на оцінку і прогноз стану навколишнього середовища, а не на управління економічними процесами в конкретних регіонах. Це дало можливість дослідити економічний розвиток регіону на мікрорегіональному рівні, де основний об'єктом моделювання є підприємство, на якому він функціонує.

2. Описано основні вимоги до регіональних моделей і концептологію їх побудови, синергетичний підхід до вивчення динаміки економічного розвитку будь-якого об'єкта господарювання (на мікро- або макрорівні фірми, регіону тощо).

3. Вперше побудована безрозмірна математична модель функціонування економічного об'єкта, де в якості координат економічного простору подій цілком природно були вибрані такі виробничі фактори, як:  $z$  — робоча сила (кількість найманих працівників),  $y$  — обсяг власного капіталу,  $x$  — запозичений капітал (кредит, інвестиції). Ця система звичайних диференціальних рівнянь (ЗДР) за своєю структурою і своїми складовими нагадує класичну модель Лоренца. Це дає можливість зробити висновки про те, що маємо ще одне, нове (у сфері економіки) використання знаменитої моделі Лоренца, окрім уже відомих застосувань у фізиці, електроніці тощо.

4. Трипараметрична безрозмірна модель надала можливість з'ясувати, при яких числових коефіцієнтах з'являються стійкі стани, для яких існує можливість опинитися в нестійкому стані (детермінованого хаосу). Зміна числових коефіцієнтів дає можливість знайти такі стійкі стани, для яких відбудуватиметься нормальне функціонування фірми.

5. З'ясовано, що важливими показниками у функціонуванні підприємства є скаляри  $\lambda$  і  $\gamma$ . Як видно з рис. 1—8, при постійних коефіцієнтах  $\alpha$ ,  $\mu$ ,  $\beta$ ,  $\delta$  і зменшенні скалярного коефіцієнта  $\lambda$  (від 2.46 до 0,5), яким описуються умови кредитування, і збільшенні скалярного коефіцієнта  $\gamma$  (від 1 до 8), який відповідає звільненню або прийняттю на роботу (наприклад, рівень кваліфікації кадрів), система приводиться до стабільного стану.

Таким чином, нелінійна безрозмірна математична модель (2) надає змогу особі, що приймає рішення, проводити якісне дослідження поведінки об'єкта господарювання, передбачати і прогнозувати розвиток подій у часі, описувати нелінійні взаємозалежності (фазові портрети) між ключовими факторами економічного розвитку.

### **Література**

1. Вітлінський В. В. Моделювання економіки [Текст]: Навч. посібник / В.В. Вітлінський. - К.: КНЕУ, 2005. - 408 с.

2. Глухов В. В., Медников М. Д., Коробко С. Б. Математические методы и модели для менеджмента [Текст]. 2-е изд., испр. и доп. - СПб.: Издательство «Лань», 2005. - 528 с.

3. Занг В. Б. Синергетическая экономика. Время и перемены в нелинейной экономической теории [Текст]: Пер. с англ. — М.: Мир, 1999. - 335 с.

4. Коляда Ю. В. Адаптивна парадигма моделювання економічної динаміки [Текст]: монографія / Ю. В. Коляда. — К.: КНЕУ, 2011. — 297 с.

5. Коляда Ю. В. Моделювання діяльності економічного агента / Ю. В. Коляда // Вчені записки КНЕУ: зб. наук. пр.; [відп. ред. А.Ф. Павленко]. — К.: КНЕУ, 2009. - Вип. 11. — С. 287—293.

6. Кондіус І. С. Обґрунтування моделі прогнозування стійкого розвитку регіону [Текст] / І. С. Кондіус // Економічні науки: [Зб. наук. пр. / під ред. д.т.н., проф. Ю. Г. Лега]. — Черкаси: ЧДТУ, Випуск 21, 2008. — С. 279—283.

7. Кравченко Т. В. Моделирование динамики экономического развития региона [Текст] / Т. В. Кравченко // Актуальные проблемы экономики в XXI веке: причины и проблемы / Материалы VII Международной научно-практической конференции по экономике, г. Санкт-Петербург, 23 февраля 2013 г. Центр экономических исследований. — С. 96—101.

8. *Магницкий Н. А.* Новые методы хаотической динамики [Текст] / Н. А. Магницкий, С. В. Сидоров, Ин-т системного анализа Рос. акад. наук. — М.: Эдиториал УРСС, 2004. — 320 с.

9. *Малков С. Ю.* Нелинейная динамика нелинейного мира / Электронный ресурс [Режим доступа]: <http://nonlin.ru/node/902>.

10. Моделі і методи соціально-економічного прогнозування [Текст]: підручник / В. М. Геєць, Т. С. Клебанова, О. І. Черняк, В. В. Іванов, М. О. Кизим, Н. А. Дубровіна, А. В. Ставицький. — 2-е вид. — Х.: ВД «ІНЖЕК», 2008. — 396 с.

11. *Петкова Л. О.* Економічне зростання в Україні [Текст]: регіональний вимір / Л. О. Петкова. — Черкаси: ЧДТУ, 2004. — 271 с.

12. Прогнозирование и планирование экономики [Текст]: учеб. пособие / В. И. Борисевич, Г. А. Кандаурова, Н. Н. Кандауров [и др.]; под общ. редакцией В. И. Борисевича, Г. А. Кандауровой. — Мн.: Интерпрессервис; Экоперспектива, 2001. — 380 с.

13. *Топчів О. Г.* Регіональний розвиток України і становлення державної регіональної політики [Текст]: навчально-методичний посібник / О. Г. Топчів, Т. М. Безверхнюк, З. В. Тітенко. — Одеса: ОРІДУ НАДУ, 2005. — 224 с.

14. *Фетисов Г. Г., Орешин В. П.* Региональная экономика и управление [Текст]: Учебник. - М.: ИНФРА-М, 2006. - 416 с.

15. *Шаповолов В. И., Каблов В. Ф., Башмаков В. А., Аввакумов В. Е.* Синергетическая модель устойчивости средней фирмы [Текст] / В кн. «Синергетика и проблемы теории управления». — М.: Физматлит, 2004. — с. 454—464.

Стаття надійшла до редакції 26.04.2013 р.