

Gorbachuk V. M.  
Syrku A. F.  
Suleimanov S.-B.

V. M. Glushkov Cybernetics Institute,  
National Academy of Sciences of Ukraine

## THE FUNDAMENTALS OF DATA ENEVELOPMENT ANALYSIS

### Summary

Efficiency measurement is becoming the subject of tremendous interest when organizations are paying attention to better productivity of their activity and their competitiveness. The problem of productive efficiency measurement is important both theoretically and practically for a person making economic decisions. It is essential to examine theoretical inferences on relative efficiency of various economic systems as well as to be able to carry some actual efficiency measurements.

**Key words:** efficiency measures, data analysis, linear programming.

УДК 330:51(075.8)

Кравченко В. Г.  
Кравченко Т. В.

Київський національний економічний університет  
імені Вадима Гетьмана

## МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНУ В РИНКОВИХ УМОВАХ

У статті сформульовано концепти економіко-математичного моделювання динамічної траєкторії розвитку регіону. Запропоновано експертну систему з апаратом представлення і використання знань за допомогою методів теорії нечітких множин для узагальнення факторів різної природи до управляючих параметрів динамічної моделі функціонування і розвитку регіону та їхньої інтерпретації за результатами моделювання й отримання фазових портретів, що відображають еволюцію подій із плином часу.

**Ключові слова:** економіка регіону, нелінійна динаміка, математичні моделі, обчислювальний експеримент в економіці, стратегія, експертна система, теорія нечітких множин.

**Постановка проблеми.** За допомогою комп'ютерних технологій провести якісне і кількісне дослідження розглянутих у статті математичних моделей та їх числових параметрів, змінюючи стартові умови. На базі комп'ютерного моделювання відшукати закономірності функціонування регіону як економічного об'єкта в ринковій економіці.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Обґрунтованість стратегії економічного розвитку регіону повністю залежить від точності інформаційного відображення соціально-економічних процесів. Економіка регіону, як і будь-яка складна динамічна система, розвивається і функціонує в умовах невизначеності [2, с. 44], яка зумовлена як впливом занадто великої кількості різноманітних факторів у будь-який момент часу, так і неточністю інформації щодо параметрів регіональних процесів. У результаті трансформаційних процесів відбувається перехід економіки регіону з одного нерівноважного стану в інший, що ще більше посилює невизначеність прогнозування поведінки системи та зовнішнього середовища під час прийняття управлінських рішень. Ці обставини визначають актуальність даного напрямку досліджень та необхідність розроблення нового і вдосконалення наявного інструментарію системного аналізу стану і динаміки розвитку регіонів.

На жаль, проблеми належного функціонування регіону як динамічної економічної системи досліджуються не в багатьох працях. У працях, які можна пов'язати з економікою регіону, розглянуто переважно фірми [1; 3; 4; 6; 10], тому актуальним є вивчення процесів розвитку регіону як економічного об'єкта (ЕО).

Основним економічним трактатом, де розглядається більшість ідей щодо природи ЕО, що увійшли в основу трансакційної теорії вертикальної інтеграції, є праця [9]. Викладений у цій роботі підхід, що розглядає ЕО (в авторській інтерпретації – фірми) як структуру управління та орієнтований на з'ясування сутності економічних витрат, зручний і корисний із погляду наукової абстракції. Автор приділяє особливу увагу організаційним нововведенням і для оцінки альтернативних управлінських рішень покладається не на граничний, а на порівняльний інституціональний аналіз. На жаль, ця теорія не підкріплена жодною математичною моделлю, яка могла б довести запропоновані в роботі висновки і провести їх економічну перевірку.

У праці [6] одним із найважливіших прикладних напрямів для опису динаміки розвитку ЕО є побудова математичних моделей (ММ) та його економіко-математичне моделювання. У ній розглянуто широкий спектр таких моделей, при цьому опис моделей доведено до такого рівня, що досвідчений спеціаліст у галузі економіко-математичного моделювання за необхідністю може самостійно розробити конкретну ММ з урахуванням того, що економічна діяльність характеризується чисельними і, як правило, *протилежними інтересами*.

Таким чином, в аналізованих працях розглянуто основні моменти регулювання ЕО, проте все це погано вербалізовано, тобто в них детально не описано, які при цьому використовуються математичні моделі, підтверджені відповідними обчислювальними експериментами.

Слід зазначити, що в Україні питанню соціально-економічного розвитку регіонів присвятили свої праці багато економістів-науковців, зокрема: Алаєв Е.Б., Амоша О.І., Біла С.О., Варналій З.С., Власюк О.С., Мескон М.Х., Некрасов М.М., Пепа Т.В., Фісун К.А. та ін. Вони показали, що розв'язання проблем управління соціально-економічним розвитком регіону має спиратися на повне й адекватне відображення динаміки стосовно кожного окремо визначеного показника економічної системи на базі середніх показників у країні.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Трансформаційні перетворення економіки України призвели до посилення диспропорції соціально-економічного розвитку регіонів та потреби в обґрунтованій переорієнтації об'єктів господарювання. Орієнтація на пріоритетне обслуговування зовнішнього попиту в теперішній ситуації прискороює лібералізацію цін і несприятливого інвестиційного клімату, на жаль, призводить до занепаду високотехнологічного виробництва [7, с. 139].

У такій динамічній ситуації важливо дослідити шляхи економічної еволюції, поведінку траєкторій розвитку, прогнозування показників, урахувавши ті чи інші обставини, що впливають на стабільний економічний розвиток [8, с. 1]. Складність і нестабільність економіки регіону як соціально-економічної системи, а також значна залежність від впливу факторів зовнішнього середовища зумовлюють потребу в залученні та розробленні таких технологій і систем моделей оптимізації стратегій розвитку регіону, які б адекватно відображали складні соціально-економічні процеси.

**Мета статті** полягає у тому, щоб, виокремивши ключові фактори діяльності регіону як економічного об'єкта, побудувати в координатах економічного простору подій математичні моделі (ММ) та дослідити їх якісно та кількісно за допомогою комп'ютерного (інформаційного) моделювання провести якісне і кількісне дослідження розглянутих у статті ММ та їх числових параметрів за різних стартових умов, відшукати закономірності функціонування регіону як економічного об'єкта в ринковій економіці.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Швидкоплинність процесів в економіці регіонів та країн у цілому визначає необхідність постійного корегування управлінських рішень, зумовлює необхідність застосування економіко-математичних та інформаційних моделей, які дають змогу в режимі реального часу пристосовуватися до змін оточуючого і внутрішнього середовища та гнучко реагувати на різноманітні впливи.

Авторами пропонується така модель управління ресурсними та фінансовими потоками для соціально-економічного розвитку регіону, де регіональна соціально-економічна система розглядається в термінах «валовий регіональний продукт», «трудоий ресурс», «запозичений капітал», причому елементи цієї системи не підпорядковані одне одному організаційно і реалізують власні цілі. Для дослідження траєкторії розвитку цієї системи, що включає економічні і соціальні показники регіону (зокрема, індекс споживчих цін, індекс інфляції, співвідношення зайнятого і незайнятого населення, рівень заробітної плати, валового регіонального продукту тощо), постає потреба у застосуванні динамічних економіко-математичних моделей та розробленні ефективних технологій їх реалізації. Показано, що динамічні економіко-математичні моделі в поєднанні із сучасними інформаційними технологіями можуть з успіхом використовуватися не тільки на корпоративному рівні, але і в галузі інших економічних систем (на мезо- та макрорівнях – від моделей розбудови міст, розвитку різноманітних економічних процесів до створення моделей національних економік) [1; 3; 7].

У праці [10] виокремлюється така динамічна ММ функціонування середньої фірми, яка була адаптована авторами під регіон з урахуванням трьох економічних чинників:

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

де  $Y_1 = Y_1(t)$  – трудоий ресурс, яким описується частка зайнятого населення в регіоні від його загального обсягу в Україні (%) протягом часу  $t$  (трудоий ресурс);  $Y_2 = Y_2(t)$  – частка валового регіонального продукту регіону від його загального обсягу в Україні (%) протягом часу  $t$  (ВРП);  $Y_3 = Y_3(t)$  – частка наданих кредитів регіону від його загального обсягу в Україні (%) протягом часу  $t$  (залучені кредити), де  $t$  – незалежна змінна.

Величини  $\alpha, \gamma, \mu, \beta, \delta, \lambda$  входять у цю систему як постійні і керуючі параметри (узагальнені числові коефіцієнти), що відображають:  $\alpha$  – зовнішню привабливість регіону;  $\gamma$  – плинність трудових ресурсів у регіоні;  $\mu$  – вплив на ефективність капіталовкладень (інвестицій);  $\beta$  – трудоий ресурс у регіоні та величину витрат на нього;  $\delta$  – вплив

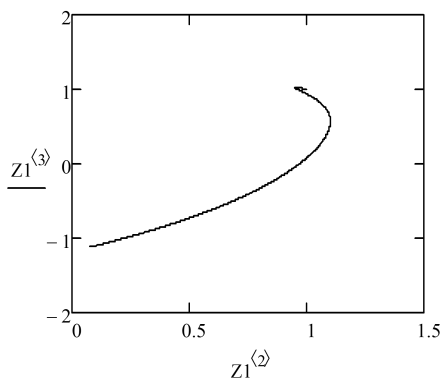


Рис. 1 а

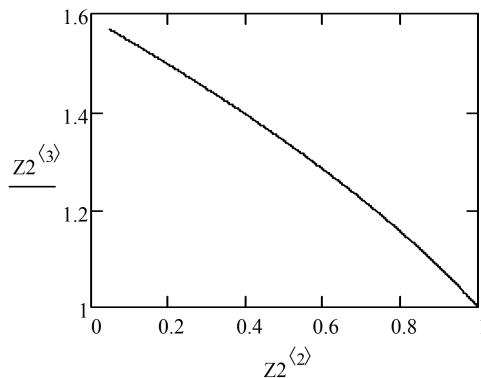


Рис. 1 б

на ВРП (внутрішні інвестиції) регіону;  $\lambda$  – спроможність регіону сплачувати кредит за взятими зобов’язаннями.

Із використанням указаних змінних, приймаючи величину  $Y_2$  за незалежну змінну, ММ приймає такий вигляд [5]:

$$\begin{cases} dY_1 = \frac{\alpha Y_2 Y_3 - \gamma Y_1}{\mu(Y_2 + Y_3) - \beta Y_2 Y_3} \\ dY_2 = \frac{\mu(Y_2 + Y_3) - \beta Y_2 Y_3}{\delta Y_2 - \lambda Y_3} \\ dY_3 = \frac{\mu(Y_2 + Y_3) - \beta Y_2 Y_3}{\delta Y_2 - \lambda Y_3} \end{cases}, \quad (2)$$

де  $\alpha, \gamma, \mu, \beta, \delta, \lambda$  – відповідні узагальнені числові коефіцієнти.

Нелінійна система звичайних диференціальних рівнянь (2) впливає з ММ (1), якою описується розвиток регіону в зазначених вище координатах із плином часу  $t$ , тобто відтворюється математично економічний розвиток протягом деякого часу, починаючи з моменту  $t_0$ . Запропонована ММ (2) [5] відображає еволюцію регіону (на прикладі фірми) залежно від обсягу ВВП  $Y_2$ . Саме  $Y_2$  дає можливість регіону забезпечувати фінансову стійкість, його платоспроможність в довгостроковому періоді, знижує ризик дефолту.

Аналогічно щодо трудового ресурсу  $Y_1$  та обсягу залучених коштів  $Y_3$  [5].

Динамічна ММ (2) має ту перевагу, що на відміну від інших дає змогу отримати фазову траєкторію розвитку регіону. Так, на рис. 1а і 1б для ММ (2) відтворено поведінку фазових траєкторій в координатах  $Y_1 Y_2$ , характерну для обчислювального експерименту [5].

Але виникає проблема вибору або обчислення узагальнених числових коефіцієнтів  $\alpha, \gamma, \mu, \beta, \delta, \lambda$  («згорання» факторів) та їхньої інтерпретації у вигляді факторів, на базі яких вони сформовані.

Систему факторів, на основі яких формується узагальненого коефіцієнта  $\alpha$  наведено в табл. 1.

Необхідно зауважити, що система факторів може бути розширена або звужена, замінена іншими, зручними для дослідника, що не впливає на роботу експертної системи.

Враховуючи те, що під час вибору (обчислення) коефіцієнтів необхідно аналізувати як кількісні, так і якісні показники, для розв’язання цієї проблеми

Таблиця 1

**Система факторів формування узагальненого коефіцієнта  $\alpha$**

Фактори	Позначення
Податкове навантаження $\Pi_n(t, \theta)$ (податки)	$x_1^a$
Частка суб’єкта господарювання на ринку $\mathcal{Q}_c(t, \theta)$	$x_2^a$
Рівень інфляції $K_{na}(t, \theta)$	$x_3^a$
Коефіцієнт платоспроможності $P(t, \theta) = M(t, \theta) + V(t, \theta) - Y(t, \theta)$ (інвестиційний клімат)	$x_4^a$
Місткість власного ринку збуту товарів, вироблюваних у регіоні	$x_5^a$
Місткість національного ринку збуту товарів, вироблюваних у регіоні	$x_6^a$
Місткість експортних ринків збуту товарів, вироблюваних у регіоні	$x_7^a$
Доступність власного ринку збуту товарів, вироблюваних у регіоні	$x_8^a$
Доступність національного ринку збуту товарів, вироблюваних у регіоні	$x_9^a$
Доступність експортних ринків збуту товарів, вироблюваних у регіоні	$x_{10}^a$
Доступність ресурсів у регіоні	$x_{11}^a$
Ціна ресурсів у регіоні	$x_{12}^a$
Технологічний рівень наявних на підприємствах регіону виробничих потужностей	$x_{13}^a$
Стан наявних на підприємствах регіону виробничих потужностей	$x_{14}^a$
Інвестиційний потенціал регіону	$x_{15}^a$
Інноваційний потенціал регіону	$x_{16}^a$
Інтелектуальний потенціал регіону	$x_{17}^a$
Трудовий потенціал регіону	$x_{18}^a$
Рівень розвитку ринкової інфраструктури в регіоні	$x_{19}^a$

запропоновано використати експертну систему з апаратом представлення і використання знань за допомогою методів теорії нечітких множин.

Побудову бази знань формування коефіцієнта динамічної ММ (1), (2) розіб’ємо на такі етапи:

**Етап 1. Фазифікація** – побудова нечітких множин для термів кількісних і лінгвістичних оцінок параметрів. Терми для логічної оцінки факторів та діапазони їхньої зміни наведено в табл. 2 (фрагмент).

Таблиця 2

**Терми для логічної оцінки факторів**

Назва змінної	Позначення змінної	Діапазон зміни змінної	Терми (рівень впливу чинника)
Узагальнений коефіцієнт $\alpha$ , що відображає зовнішню привабливість регіону	$\alpha$	0-10	дуже низький (ДН) низький (Н) нижчий від середнього (НС) середній (С) вищий за середній (ВС) високий (В) дуже високий (ДВ)
Податкове навантаження $\Pi_n(t, \theta)$ (податки)	$x_1^a$		низький (Н) середній (С) високий (В)
Частка суб’єкта господарювання на ринку $\mathcal{Q}_c(t, \theta)$	$x_2^a$		низький (Н) середній (С) високий (В)
Рівень інфляції $P(t, \theta) = M(t, \theta) + V(t, \theta) - Y(t, \theta)$	$x_3^a$		низький (Н) середній (С) високий (В)
...	...	...	...
Інвестиційний потенціал регіону	$x_{15}^a$		низький (Н) нижчий від середнього (НС) середній (С) вищий за середній (ВС) високий (В)

Закінчення таблиці 2

Інноваційний потенціал регіону	$x_{16}^a$	низький (Н) нижчий від середнього (НС) середній (С) вищий за середній (ВС) високий (В)
Інтелектуальний потенціал регіону	$x_{17}^a$	низький (Н) нижчий від середнього (НС) середній (С) вищий за середній (ВС) високий (В)
Трудовий потенціал регіону	$x_{18}^a$	низький (Н) нижчий від середнього (НС) середній (С) вищий за середній (ВС) високий (В)
Рівень розвитку ринкової інфраструктури в регіоні	$x_{19}^a$	низький (Н) нижчий від середнього (НС) середній (С) вищий за середній (ВС) високий (В)

Таблиця 3

Фрагмент бази знань щодо узагальненого коефіцієнта  $\alpha$

Номер комбінації	Номер рядка комбінації	Вхідні змінні								Вага $w$	Результуюча змінна $\alpha$
		$x_1^a$	$x_2^a$	$x_3^a$	...	$x_{16}^a$	$x_{17}^a$	$x_{18}^a$	$x_{19}^a$		
1	1	Н	В	Н	...	В	В	В	В	0,9	ДВ
	2	С	В	Н	...	В	В	В	В	0,9	
	3	Н	С	Н	...	В	В	В	В	0,9	
	4	С	С	Н	...	В	В	В	В	0,9	
	5	Н	В	Н	...	В	В	В	В	0,8	
	6	С	В	Н	...	В	В	В	В	0,8	
	7	Н	С	Н	...	В	В	В	В	0,8	
	8	С	С	Н	...	В	В	В	В	0,8	
2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	В
	1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

**Етап 2. Активізація** – процедура або процес знаходження ступеня істинності (ваги) кожного з елементарних логічних висловлювань, складники всіх нечітких правил. Оскільки укладення робляться щодо вихідних лінгвістичних змінних, то ступеням істинності (ваги) правила за активізації ставляться у відповідність елементарні функції належності.

**Етап 3. Побудова бази знань.** Для побудови бази знань застосовано методику, згідно з якою фіксованому вектору вхідних змінних  $X^* = \langle x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^* \rangle$ ,  $x_i^* \in U_i$ , однозначно ставився б у відповідність розв'язок  $y^* \in Y$ . Для формального розв'язання такої задачі необхідною умовою є наявність залежності:  $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , де  $x_1, \dots, x_n$  – набір значень вхідних змінних;  $y$  – відповідне значення результуючої змінної.

Розрахунок результуючого показника здійснюється за значеннями вхідних змінних на основі встановлених параметрів їх функцій належності та заданого набору правил. Так, для узагальненого коефіцієнта  $\alpha$  фрагмент бази знань наведено в табл. 3

База знань (табл. 3) визначає систему предикатів (логічних висловлювань типу «ЯКЩО – ТОДІ, ІНАКШЕ»), які пов'язують значення вхідних змінних  $x_i^a$  з одним із можливих значень результуючої змінної. Зрозуміло, що стовпчики таблиці із вхідними змінними пов'язані між собою операцією ТА, а рядки – операцією АБО. Тобто перша комбінація табл. 3 еквівалентна такому предикату:

ЯКЩО ( $x_1^a = Н$  ТА  $x_2^a = В$  ТА  $x_3^a = Н$  ТА  $x_4^a = В$  ТА  $x_5^a = В$  ТА  $x_6^a = В$  ТА  $x_7^a = В$  ТА  $x_8^a = В$  ТА  $x_9^a = В$  ТА  $x_{10}^a = В$  ТА  $x_{11}^a = В$  ТА  $x_{12}^a = Н$  ТА  $x_{13}^a = В$  ТА  $x_{14}^a = В$  ТА  $x_{15}^a = В$  ТА  $x_{16}^a = В$  ТА  $x_{17}^a = В$  ТА  $x_{18}^a = В$  ТА  $x_{19}^a = В$  (з вагою 0,9) АБО ( $x_1^a = С$  ТА  $x_2^a = В$  ТА  $x_3^a = Н$  ТА  $x_4^a = В$  ТА  $x_5^a = В$  ТА  $x_6^a = В$  ТА  $x_7^a = В$  ТА  $x_8^a = В$  ТА  $x_9^a = В$  ТА  $x_{10}^a = В$  ТА  $x_{11}^a = В$  ТА  $x_{12}^a = Н$  ТА  $x_{13}^a = В$  ТА  $x_{14}^a = В$  ТА  $x_{15}^a = В$  ТА  $x_{16}^a = В$  ТА  $x_{17}^a = В$  ТА  $x_{18}^a = В$  ТА  $x_{19}^a = В$  (з вагою 0,9)) АБО ... ТОДІ = ДВ .....

**Етап 4. Дефазифікація**, тобто процес переходу від функції належності вихідної лінгвістичної змінної до її чіткого (числового) значення.

Виходячи з результатів чисельного моделювання [5], можна визначити відповідність значення лінгвістичної змінної її числовому еквіваленту:

дуже низький (ДН)	0-1
низький (Н)	1,01-2
нижчий від середнього (НС)	2,01-3
середній (С)	3,01-5
вищий за середній (ВС)	5,01-7
високий (В)	7,01-9
дуже високий (ДВ)	9,01-10

**Висновки.** Числове моделювання нелінійної траєкторії розвитку регіону дає змогу стверджувати таке:

- можливі не тільки стійкі стани, але й є ймовірність опинитися в нестійкому стані (хаосі). Це можливо передбачити, оскільки опинитися в нестійкому стані можливо тільки за визначеного

співвідношення числових коефіцієнтів, що дає можливість знайти такі стійкі стани, за яких відбуватиметься нормальне функціонування регіону;

- використання експертної системи з апаратом представлення і використання знань за

допомогою методів теорії нечітких множин дає змогу сформулювати такі значення числових коефіцієнтів і таку комбінацію факторів, за яких регіон стабільно функціонує і нормально розвивається.

#### Список використаних джерел:

1. Бутник О.М. Економіко-математичне моделювання динамічних закономірностей розвитку економічних систем : [монографія] / О.М. Бутник. – Харків : ІНЖЕК, 2003. – 224 с.
2. Гранберг А.Г. Моделирование социалистической экономики / А.Г. Гранберг. – Москва : Экономика, 1988. – 487 с.
3. Занг В.-Б. Синергетическая экономика. Время и перемены в нелинейной экономической теории / В.-Б. Занг ; пер. с англ. – Москва : Мир, 1999. – 335 с.
4. Иванова Н.Ю., Орлов А.И. Экономико-математическое моделирование малого бизнеса (обзор подходов) / Н.Ю. Иванова, А.И. Орлов // Экономика и математические методы. – 2001. – Т. 37. – № 2. – С.128–136.
5. Кравченко Т.В. Комп'ютерне моделювання життєдіяльності малого бізнесу / Т.В. Кравченко // Економічний аналіз. – 2012. – Вип. 10. – Ч. 3. – С. 301–307.
6. Модели и методы управления фирмой / Б.И. Кузин, В.Н. Юрьев, Г.М. Шахмадинов. – Санкт-Петербург : Питер, 2001. – 433 с.
7. Макаркіна Г.В. Модель оптимізації розвитку економіки індустріального регіону в умовах невизначеності інформації / Г.В. Макаркіна // Економіка і прогнозування. – 2008. – № 4. – С. 139–151.
8. Малков С.Ю. Нелинейная динамика нелинейного мира / С.Ю. Малков [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://nonlin.ru/node/902>.
9. Уильямсон О.И. Экономические институты капитализма: Фирмы, рынки, «отношенческая контрактация» / О.И. Уильямсон ; пер. с англ. – Санкт-Петербург : Лениздат, 1996. – 702 с.
10. Шапаволов В.И. Синергетическая модель устойчивости средней фирмы / В.И. Шапаволов, В.Ф. Каблов, В.А. Башмаков, В.Е. Аввакумов // Синергетика и проблемы теории управления ; под ред. А.А. Колесникова. – М. : Физматлит, 2004. – С. 454–464.

**Кравченко В. Г.**

**Кравченко Т. В.**

Киевский национальный экономический университет  
имени Вадима Гетьмана

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА В РЫНОЧНЫХ УСЛОВИЯХ

##### Резюме

В статье проведен анализ научных источников относительно успешного развития региона в условиях рынка с использованием компьютерного моделирования. Сформулированы концепты экономико-математического моделирования динамической траектории развития региона. Предложена экспертная система с аппаратом представления и использования знаний с помощью методов теории нечетких множеств для свертывания факторов различной природы, входящих в управляющие параметры динамической модели функционирования и развития региона, и их интерпретации по результатам моделирования и получения фазовых портретов (взаимозависимости между координатами пространства), отражающих эволюцию событий с течением времени.

**Ключевые слова:** экономика региона, нелинейная динамика, математические модели, вычислительный эксперимент в экономике, стратегия, экспертная система, теория нечетких множеств.

**Kravchenko V. G.**

**Kravchenko T. V.**

Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman

#### MODELING THE DYNAMICS OF REGIONAL ECONOMIC DEVELOPMENT IN MARKET CONDITIONS

##### Summary

There are formulated concepts of economics-mathematical modeling of the region life dynamic trajectory. An expert system with the machine and use of knowledge representation using fuzzy sets theory methods to summarize the factors of different nature to control the parameters of a dynamic model of functioning and development of the region and their interpretation of the results of modeling and obtaining phase portraits that reflect the evolution of events over time

**Key words:** region economy, nonlinear dynamics, mathematical models, computational experiment economics, strategy, expert system, fuzzy set theory.