

Ю. В. Коляда,
докторант кафедри економіко-математичного моделювання,
Київський національний економічний університет
ім. В. Гетьмана

СИНЕРГЕТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОГО СТАНУ СУСПІЛЬСТВА

За допомогою обчислювального експерименту над запропонованими в статті моделями кількісно вивчаються залежності між капіталом суспільства, платоспроможним попитом населення і нормою прибутку. Досліджується протікання процесів, коли два з числа трьох економічних чинників є функціями третього за умови його росту.

By a calculable experiment using the mathematical models offered in the article in number dependences are studied between the capital of society, solvent demand of population and norm of income. Flowing of processes is probed, when two from a number three economic factors is the functions of the third on condition of his growth.

ВСТУП

Наприкінці ХХІ століття з'ясувалося, що світ економіки нелінійний, з досить складною динамікою своєї еволюції. Донедавна домінуюче в економічній науці лінійне мислення почало відходити у минуле [1].

Економічна структура нинішнього суспільства кваліфікується як надскладна відкрита, нелінійна і нестационарна система необоротної дії, до вивчення механізмів функціонування якої залучається [1; 3] синергетика [4] — наука про нелінійне співіснування складових об'єкта дослідження. Саме синергетичний підхід до аналізу взаємодії та взаємовпливу економічних складових дає глибоке розуміння проблем економіки та їх розв'язання, надаючи сценарії довгострокового розвитку та роблячи короткочасні прогнози з-за наявності певних обставин. Більше того, володіючи інформацією такого роду, тобто сценаріями еволюції, можна впливати на створення передумов функціонування раціональної, дієспроможної та ефективно економіки або щонайменше прагнути до цього.

Перенесення синергетичних ідей в сферу економіки сприяло появі економічної синергетики (в свій час так було з кібернетикою), яка сприймається [2] як теорія ринкової трансформації в Росії.

Спричинене нелінійною поведінкою економіки, нелінійною логікою її розвитку та нелійними способами формування економічного стану в центр сучасних економічних дос-

ліджень — синергетичного моделювання [1; 3] — висуваються математичні моделі (ММ) і комп'ютерний (обчислювальний) експеримент. З огляду на існування цілої низки математичних пакетів прикладних програм (ППП), наприклад Mathcad, Matlab тощо, інструментів числового аналізу характеристик об'єкта моделювання, досить гостро постає проблема побудови адекватних ММ. Більше того, поки що відсутні бодай елементи теорії утворення рівнянь, що правильно описують об'єкт моделювання, динаміку його характерних рис.

РЕТРОСПЕКТИВА СИНЕРГЕТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІКИ

Дійсно, бракує ефективно "працюючих" ММ економіки внаслідок досить вагомих причин. Серед небагатьох (буквально кількох [3; 5]) ММ нелінійної динаміки економічної структури суспільства привертає увагу наступна [6] система трьох звичайних диференціальних рівнянь (ЗДР) першого порядку:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = bx((1-\sigma)z - \delta y) \\ \dot{y}(t) = x(1 - (1-\delta)y + \sigma z) \\ \dot{z}(t) = a(y - dx) \end{cases} \quad (1),$$

де залежні змінні $x=x(t)$, $y=y(t)$, $z=z(t)$ відповідно відображають капітал суспільства, платоспроможний попит населення і норму прибутку для діючого способу господарювання; \dot{x} , \dot{y} , \dot{z} — їх похідні по незалежній змінній t часу; $a=7$, $b=0,4$, $d=1,17$ — числові коефіцієнти ММ для Росії; σ, δ — параметри впливу на якісну поведінку інтегральних кривих моделі (1). На підґрунті (1) для Росії — однієї з країн пострадянського простору було розроблено [6] досить вдалі сценарії:

- а) розвитку подій в плановій економіці (коефіцієнт $\delta < 0$);
- б) відмови від командно-адміністративного стилю господарювання;
- в) функціонування ринкової еко-

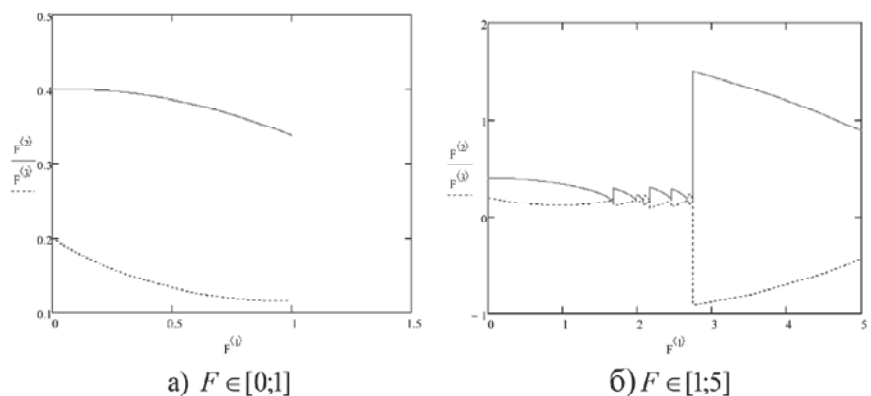


Рис. 1. Інтегральні криві капіталу F^2 і платоспроможного попиту F^3 , F^1 — норма прибутку

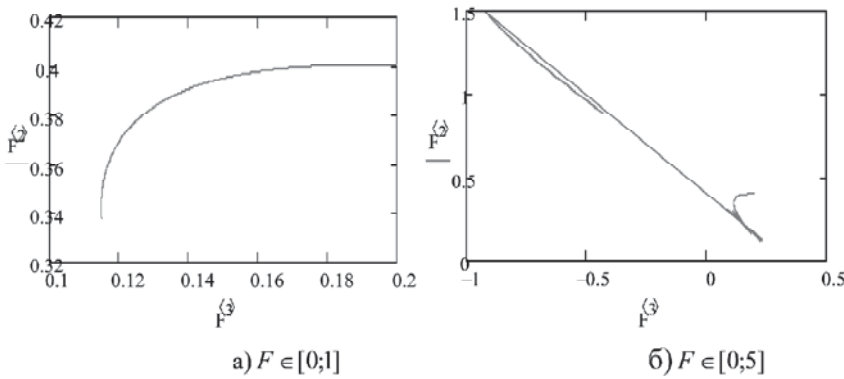


Рис. 2. Фазові портрети для $\sigma=-1, \delta=0,7$

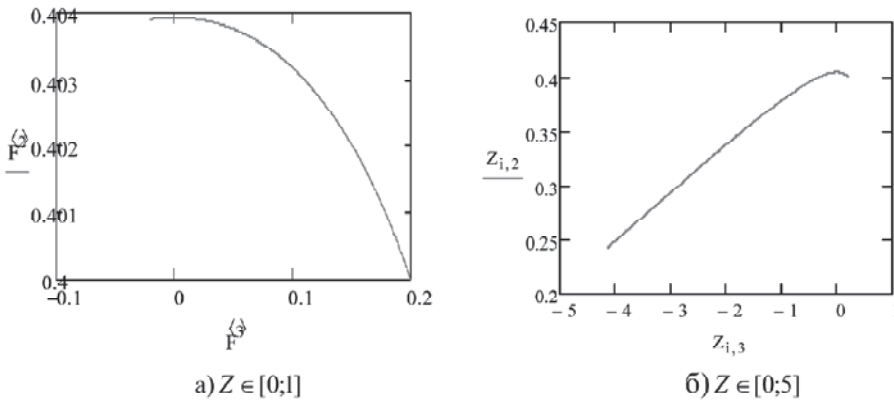


Рис. 3. Фазові портрети для $\sigma=1, \delta=0,6$

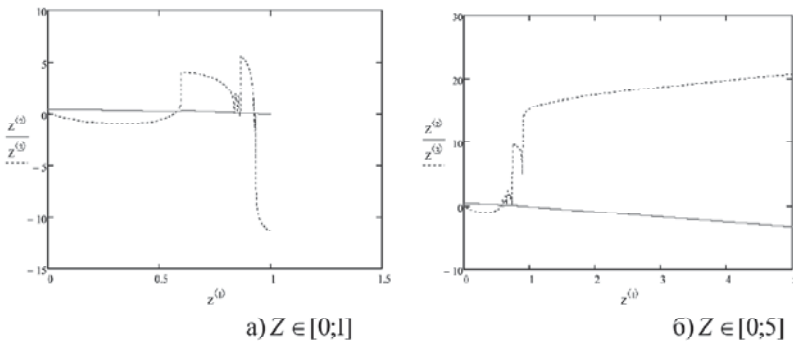


Рис. 4. Криві залежності капіталу Z^2 і норми прибутку Z^3 від попиту Z^1

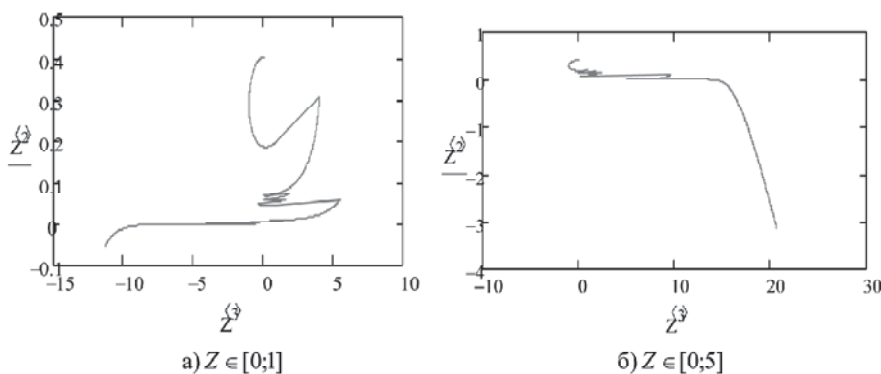


Рис. 5. Фазові портрети для $\sigma=-1, \delta=0,7$

номіки (коефіцієнт $\delta > 0$).

Події відтворювались в часі та на фазовій площині.

На завершення пункту вкажемо на одну можливість, яку слід віднести до ретроспективи нелінійного економічного аналізу.

Із системи рівнянь (1) утворимо ММ планової економіки, котрій притаманна стала (задалегідь запланована) величина норми прибутку. Оскільки $z=A \in \text{const}$, то $\dot{z}=0$ і звідси $y=dx$ та $\dot{y}=d\dot{x}$. Після очевидних алгебраїчних перетворень отримуємо диференціальне рівняння динаміки розповсюдження капіталу:

$$\dot{x} = x[c_1 - c_2 x],$$

$$\text{де } c_1 = (1-\sigma)Ab; c_2 = db.$$

Це добре відоме логістичного типу рівняння. Цікаво відмітити, що вперше (ще у 1934 р.) рівняння руху капіталу зустрічається у Кондрат'єва [7, с. 413].

Друге рівняння ММ(1) також трансформується до логістичного типу:

$$\dot{y} = y[D_1 - D_2 y].$$

$$\text{де } D_1 = \frac{1+\sigma A}{d}; D_2 = \frac{1-\delta}{d}.$$

Існує ще один осереднений варіант модифікації ММ(1) для планової економіки. Враховуючи $y = d\dot{x}$, додаванням перших двох рівнянь і наступними перетвореннями отримуємо:

$$\dot{x} = x[B_1 - B_2 x],$$

$$\text{де } B_1 = (1+bA + \sigma A - b\sigma A - d\delta) / (1+d); B_2 = d(1-\delta) / (1+d).$$

Як видно, усі відмінності приховані у константах C_1, D_1, B_1 та C_2, D_2, B_2 рівняння логістичного типу.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Як теоретика, так і практика економіки (ученого і підприємця) особливим чином і завжди цікавить наступне:

а) характер еволюції економічних подій залежно від рівня капіталізації — чого варто чекати;

б) вплив платоспроможного попиту в суспільстві на перебіг подій у трансформаційній економіці — що є рушійною силою;

в) роль норми прибутку, розподіл котрого в суспільстві на пряму сприяє диференціації населення — утворенню верств населення з різним ступенем доходу, роблячи суспільство вкрай неоднорідним в найгіршому його варіанті.

Певною мірою коло цих питань дискутувалося в літературі та суспільстві, не оперуючи відповідною числовою інформацією, добути котру можливо тільки за допомогою математичного моделювання — широкомасштабного обчислювального експерименту в економіці. Між іншим, будь-яка інформація має бути своєчасною і оперативною, щоб прийняті на її підґрунті рішення

адекватно відповідали реаліям економічного життя.

МЕТА СТАТТІ

Мета полягає у вивченні поведінки двох (з числа зазначених вище трьох) економічних чинників залежно від росту третього, тобто кількісно дослідити причинно-наслідковий зв'язок та особливості його протікання. У відомій літературі [1; 3; 5; 6] досліджувалась еволюція економічних чинників $(x(t), y(t), z(t))$ в часі.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ

Діленням перших двох рівнянь ММ(1) на її третє отримується система диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dz} = \frac{bx((1-\sigma)z - \delta y)}{a(y-dx)}; \\ \frac{dy}{dz} = \frac{x(1-(1-\delta)y + \sigma z)}{a(y-dx)} \end{cases} \quad (2),$$

де незалежною змінною виступає норма прибутку z , а залежні змінні є функціями $x(z)$ і $y(z)$, тобто ММ(2) описує нелінійну поведінку капіталу x і платоспроможного попиту в суспільстві залежно від норми прибутку.

Для командно-адміністративної економічної системи (коефіцієнт $\sigma < 0$), незалежно від числового значення, результати розрахунку ММ(2) практично одного гатунку (рис. 1 і 2): падає капіталізація і платоспроможний попит суспільства, що свідчить про одне — неминучу розруху.

З початком процесу переходу до ринкової економіки (значення коефіцієнтів беруться близькі до нуля) попередні тенденції зберігаються, настання розрухи відбувається катастрофічно.

Для всіх раніше [6] оголошених значень параметрів σ та δ має місце коливний характер x і y , схильний до хаотичного режиму. Тільки для $\sigma=1$ і незалежно від δ (тиску на бізнес) з'являється якісно нова ситуація (рис. 3.) — незначний ріст капіталу, але функція $y(z)$ лишається спадаючою. Робиться висновок: уповільнене реагування капіталу на змінюваність норми прибутку призводить економічну систему до знищення.

Якщо перше і третє рівняння моделі (1) поділити на друге, то приходимо до ММ:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dy} = \frac{b((1-\sigma)z - \delta y)}{(1-(1-\delta)y + \sigma z)} \\ \frac{dz}{dy} = \frac{a(y-dx)}{x(1-(1-\delta)y + \sigma z)} \end{cases} \quad (3),$$

згідно якої рух капіталу і змінюваність норми прибутку відбува-

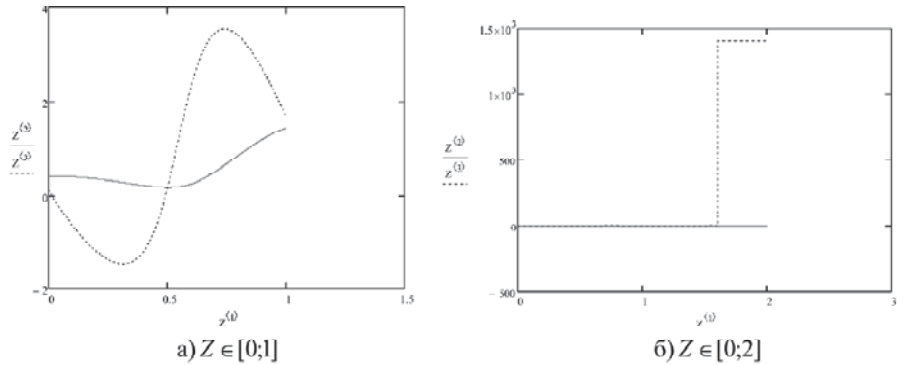


Рис. 6. Залежність капіталу Z^2 і норми прибутку Z^3 від платоспроможного попиту Z^1

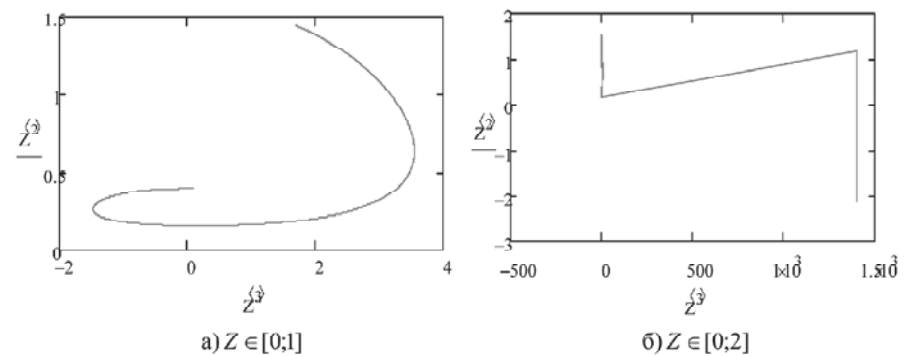


Рис. 7. Фазові портрети для $\sigma = -0,05$ (стадії переходу до ринку) і $\delta = 0,4$ (тиску на бізнес)

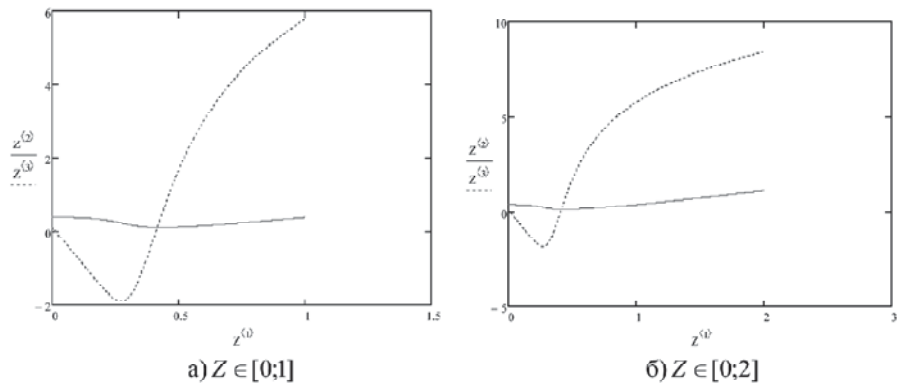


Рис. 8. Залежність $x(y)$ і $z(y)$ — капіталу і норми прибутку від платоспроможного попиту

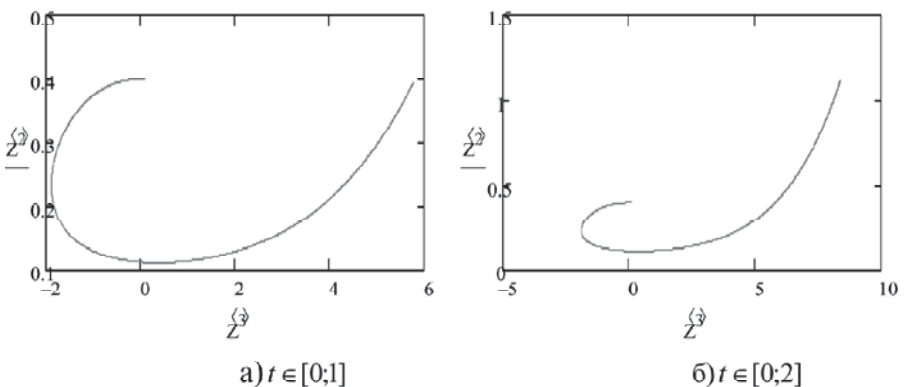


Рис. 9. Фазові портрети для $\sigma = 0,266$, $\delta = 0,65$

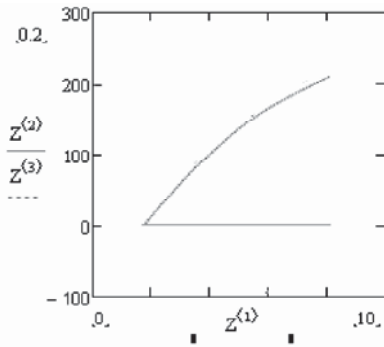


Рис. 10 Залежність $u(x)$ і $z(x)$ при $\sigma=1$ і $\delta=0,6$

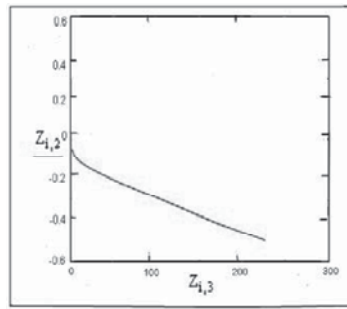


Рис. 11. Фазовий портрет

Розділивши друге і третє рівняння системи (1) на перше, приходимо до ММ:

$$\begin{cases} \frac{dy}{dx} = \frac{(1 - (1 - \delta)y + \sigma z)}{b((1 - \sigma)z - \delta y)}, \\ \frac{dz}{dx} = \frac{a(y - dx)}{bx((1 - \sigma)z - \delta y)} \end{cases} \quad (4)$$

згідно якої платоспроможний попит y і норма прибутку z пов'язуються з рівнем капіталізації суспільства, тобто розглядаються функції $y(x)$ і $z(x)$.

Для командно-адміністративного управління економікою ($\sigma=-1$), незалежно від δ , спостерігається лінійне зростання платоспроможного попиту при збільшенні капіталу (рості незалежної змінної). В такому разі норма прибутку практично відсутня (переходить в область від'ємних значень). Такий же характер розвитку процесів має місце для всіх σ близьких до нуля та для довільних комбінацій параметрів σ і δ із множини їх можливих значень.

Лише для $\forall \delta \leq 0,6$ (відсутній тиск на підприємців) і $\sigma = 1$ при зростанні капіталу на порядку попиту стабілізується на стандартному рівні (рис. 10 і 11), а норма прибутку непомірно росте: неконтрольований ріст доходів згубний для економіки.

ВИСНОВКИ

Для вивчення економічного стану суспільства в координатах "капітал x — платоспроможний попит y — норма прибутку z " запропоновано так звані площинні нелінійні ММ(2) — (4), в кожній з яких дві координати є функціями третьої. На підґрунті комп'ютерного моделювання в статті отримано результати:

- а) інерційність капіталу, його слабе реагування на змінюваність норми прибутку і платоспроможного попиту глибоко впливає на функціонування економічної системи, котра необхідним чином прямує до свого розпаду;
- б) малий платоспроможний попит також сприяє самознищенню системи, але з часом;
- в) непомірне зростання доходів та їх особисте споживання спонукають систему до занепаду, породжуючи тенденції до розрухи.

Нелінійні ММ (2) — (4) покли-

кані допомогти в розв'язанні важливих і нелегких проблем організації, передбачення і прогнозування, прийняття рішень в економіці. Згадувані моделі також можуть суттєво посприяти у формуванні належних умов для досягнення жаданого розвитку подій, уникаючи небажаного або максимально його виключаючи. Врешті-решт, вони послугують удосконаленню і розширенню нашого знання нелінійної макро-економічної динаміки.

Література:

1. Занг В.Б. Синергетическая экономика. Время и перемены в нелинейной экономической теории / Пер с англ. — М.: Мир, 1999. — 335 с.
2. Евстигнеева Л. П., Евстигнеев Р. Н. Методологические основы экономической синергетики (научный доклад). — М.: Ин-тут экономики РАН, 2007. — 64 с.
3. Чернавский Д.С., Старков Н. И., Щербаков А.В. О проблемах физической экономики // Усп. физ. н. — 2002. — т.172. — №9. — С. 1045—1066.
4. Сугаков В.И. Основы синергетики. — К.: Обереги, 2001. — 287 с.
5. Олемской О.И, Ющенко О.В., Кохан С.В. Синергетична модель економічної структури суспільства // Журнал фіз. досліджень. — 2004. — т.8. — №3. — С. 268—278.
6. Магницкий Н.А., Сидоров С.В. Новые методы хаотической динамики. — М.: Едиториал УРСС, 2004. — 320 с.
7. Кондратьев Н.Д. Проблемы экономической динамики. — М.: Экономика, 1989. — 460 с.

Стаття надійшла до редакції 15.12.2009 р.

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ

ІНВЕСТИЦІЇ.

ПРАКТИКА ТА ДОСВІД

ЖУРНАЛ ВИХОДИТЬ 24 РАЗИ НА РІК

Через редакцію передплата проводиться з будь-якого місяця!

Передплатний індекс: 23892

Свідоцтво КВ № 12178-1/082 ПР від 11.01.2007 року

www.investplan.com.ua

Журнал включено до переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук з

ЕКОНОМІКИ

ЗАСНОВНИКИ:

- Рада по вивченню продуктивних сил України Національної академії наук України,
- ТОВ "ДКС Центр"

вул. Дорогомишська, 18, к. 29
(044) 458 10 73, 537 14 33, 223 26 28
e-mail: dks@kiev.rel.com
economy_2008@ukr.net