

4. *Енська О.О.* Імітаційне моделювання ефективного обслуговування банкоматів та їх оптимального розміщення. [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://dspace.uabs.edu.ua/handle/123456789/3820>.

5. *Іващенко Л.В.* Моделювання процесу підкріплення банкоматів готівковими коштомат // Збірник наукових праць «Моделювання та інформаційні системи в економіці». — К., 2011. — №85. — С. 181.

6. Інструкція про ведення касових операцій банками України: Затверджено постановою Національного банку України від 01.06.2011. №174 [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/z0790-11>.

7. Система оценки эффективности инкассаций Б.А. Щукин, В.В. Климов, В.М. Бакланов, И.В. Беклемишев, Б.А. Щукин. — Материалы 13 международной телекоммуникационной конференции молодых ученых и студентов «Молодежь и наука». [Електронний ресурс] Режим доступу:

http://www.mephi.ru/molod/molod_2009/docs.php?SECTION_ID=1305

8. Національний банк України (офіційний ресурс) Режим доступу: http://www.bank.gov.ua/control/uk/publish/category?cat_id=79219.

9. *Васин Н.С.* Теоретико-вероятностный анализ и прогнозирование сроков подкрепления банкоматов наличностью // Финансы и кредит. — 2005. — №27. — С. 55—57.

10. Экономико-математические методы и модели под ред. Кузнецова А.В. — Минск: БГЭУ, 2000. — С. 146.

Стаття надійшла до редакції 11.12.2012 р.

УДК 330.115+519.89

К. Семашко, аспірант, асистент,
кафедра економіко-математичного моделювання,
ДВНЗ «Київський національний економічний
університет імені Вадима Гетьмана»

АДАПТИВНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОБСЯГІВ ТІНЬОВОЇ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ

АНОТАЦІЯ. Розглянуто кілька математичних моделей, які описують взаємозв'язок легальної та тіньової економіки України. За допомогою якісного і кількісного аналізу динамічних моделей побудовано інтегральні криві та фазові портрети, що дають змогу дослідити можливі варіанти розвитку подій.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: тіньова економіка (ТЕ), легальна економіка (ЛЕ), адаптація динамічних процесів, математична модель (ММ).

Тіньова економіка не є чимось абстрактним для сучасної України. На відміну від жителів розвинених країн — принаймні, більшості з них, ми постійно стикаємося з її проявами в повсякденному житті. Зарплатня «в конверті», піратська відео-, аудіо- та софт-продукція, «сірі» автомобільні дилери — усе це є добре відомими українськими реаліями. Симптоматично, що саме в пострадянських країнах, з їх високою зарегульованістю, корупцією та сумнівною якістю законодавства, тіньова економіка стала найбільшою. Цілком можливо, свою роль грають й соціальні інститути, традиції та менталітет, що залишилися на спадок від Радянського Союзу¹.

Наслідки взаємодії тіньової економіки і легальної економіки вимагають більш глибокого, ніж вербальний аналіз^{2,3}, вивчення проблеми детінізації економіки суспільства, довершеності якого на сьогодні можна досягнути за рахунок попереднього якісного, а потім кількісного моделювання. Для цілісного аналізу потрібно побудувати математичні моделі, що описуватимуть динаміку сумісного функціонування ТЕ і ЛЕ. Результатом математичного моделювання природи і механізму ТЕ якраз будуть сценарії можливого розвитку подій (з плином часу і на фазових портретах — взаємозалежності між змінними ММ). Також матимуть місце наближені прогностичні оцінки обсягу ТЕ та ЛЕ, трендів тощо.

Варто зазначити, що нині розробляється парадигма системного і нелінійного економічного мислення^{4,5}. Але вона сприятиме глибокому і досить повному вивченню економічної дійсності, стане доступним і ефективним з прагматичної точки зору зняттям моделювання лише за умов наявності адекватних ММ та інструментарію їх дослідження.

Для початку розглянемо результати динаміки рівня тіньової економіки за окремими методами, які представлені Міністерством економічного розвитку і торгівлі України (рис. 1).

¹ Павло Кухта. Тінь в Україні: вплив на економіку // Реальна Економіка. — 22.08.2012.

² Тіньова економіка: сутність, особливості та шляхи легалізації: монографія/ [З.С. Варналій, А.Я. Жаліло та ін.]; за ред. д.е.н., проф. З.С. Варналія. — К.: НІСД, 2006. — 576 с.

³ Ермаков К.М. Теневая экономика: анализ и моделирование. — М.: Финансы и статистика, 2004. — 498 с.

⁴ Корнал Я. Системная парадигма // Вопросы экономики. — 2002. — № 4. — С. 4—22.

⁵ Решетилко В.П. Синергетическая парадигма и формирование нелинейного стиля экономического мышления // Экономическая теория. — 2004. — №4. — С. 3—21.

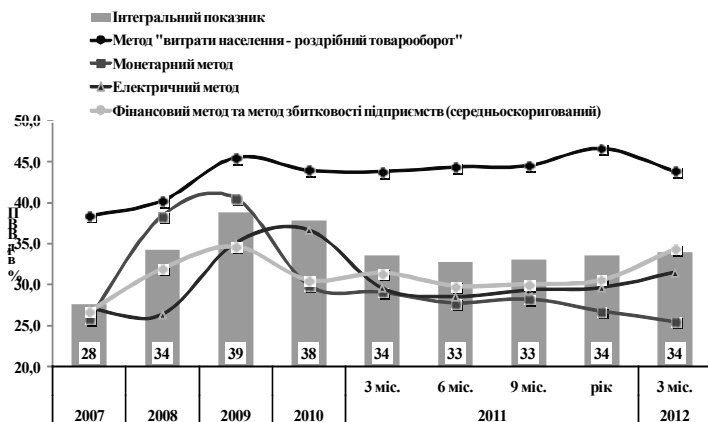


Рис. 1. Динаміка рівня тіньової економіки за окремими методами, % від обсягу офіційного ВВП

Джерело: розрахунки Мінекономрозвитку¹

Як видно з рис. 1, різновекторність тенденцій зміни обсягу тіньової економіки за різними методами вказує на те, що кожен метод розрахунку охоплює певну сферу національної економіки (з відповідно різною часткою в ній нелегального сектору), а інтегральний показник рівня тіньової економіки може служити комплексним індикатором такого явища, як тіньова економіка, але його також не можна вважати найбільш загальним.

Адаптація — це процес цілеспрямованої й доцільної змінюваності параметрів і структури системи моделювання (у нашому випадку альтернатива моделі співвідношення легальної та тіньової економіки превентивного до кількісного якісного аналізу ММ), котрий включає критерії функціонування та їх застосування залежно від економічного стану². За своєю природою адаптація може бути як ендогенною, так і екзогенною, носити апріорний або апостеріорний характер.

Отже, існує нагальна потреба у розробленні адаптивних ММ явища ТЕ, їх всестороннього комп'ютерного дослідження, будуючи фазові й параметричні портрети. Зважаючи на актуальність і складність досліджуваної проблеми, успішне її розв'язання не-

¹ Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. «Загальні тенденції тіньової економіки у 1 кварталі 2012», 2012 // http://www.me.gov.ua/file/link/187630/file/Shadow_Ikv2012.doc

² Ю.В. Коляда Адаптивна парадигма моделювання економічної динаміки: монографія. — К: КНЕУ, 2011. — С. 20.

мислиме без використання засобів та інструментарію моделювання динаміки взаємодії ТЕ і ЛЕ суспільства.

Оскільки в явищі, яке досліджується (в нашому випадку ТЕ), завжди присутня неповнота інформації та її невизначеність, які необхідно подолати, тому адаптація сприятиме найкращому досягненню поставлених цілей моделювання.

У якості первісної ММ, якою описується проблема взаємного існування ТЕ і ЛЕ, може бути диференціальна система

$$\begin{cases} x_1 = a_1x_1 - b_{12}x_1x_2 - c_1x_1^2 \\ x_2 = a_2x_2 + b_{21}x_2x_1 - c_2x_2^2 \end{cases} \quad (1)$$

де змінна x_1 відповідає ЛЕ, а x_2 — ТЕ, причому $x_1 = \frac{dx_1}{dt}$ і

$x_2 = \frac{dx_2}{dt}$ відповідно є швидкості змінюваності обсягів економік;

c_1 і c_2 характеризують самообмеження обсягів відповідних економік, приймаючи до уваги ті або інші причини; скаляри a_1 і a_2 відповідають темпоральності описуваних подій. Ступінь взаємодії двох видів економіки відображається коефіцієнтами b_{ij} ($i, j = 1, 2; i \neq j$), знаками яких детермінується наступне:

а) для від'ємних значень має місце конкуренція, коли обсяг кожної з економік у присутності іншої зростає з меншою швидкістю, причому перемаже одна з двох економік, якщо власна швидкість зростання іншої менше деякого порогового значення; але ЛЕ і ТЕ співіснують, що спостерігається у житті, якщо виконується нерівність $b_{12}b_{21} < c_1c_2$;

б) обидва типи економік сприяють взаємному зростанню, якщо коефіцієнти $b_{12}, b_{21} > 0$ додатні;

в) зустрічаються взаємодії, коли одна з економік відчуває присутність іншої (наприклад, ЛЕ щодо ТЕ), а інша — ні (ТЕ не відчуває ЛЕ), то має місце аменсалізм ($b_{12} = 0, b_{21} < 0$) і коменсалізм ($b_{12} > 0, b_{21} = 0$);

г) також може бути ситуація взаємної нейтральності ($b_{12} = b_{21} = 0$)¹.

¹ Коляда Ю.В., Семашко К.А. Сценарії співіснування легальної й тіньової економік суспільства на підґрунті математичного моделювання // Інформаційні технології та моделювання в економіці — третя міжнародна науково-практична конференція. — Черкаси: Брама-Україна, 2012. — С. 121—122.

Інструментом обчислювального експерименту (ОЕ) виступав програмний пакет Mathcad.14 у частині числового інтегрування системи ЗДР.

Результати комп'ютерного моделювання на прикладі ММ (1) графічно відтворено на рис. 2.

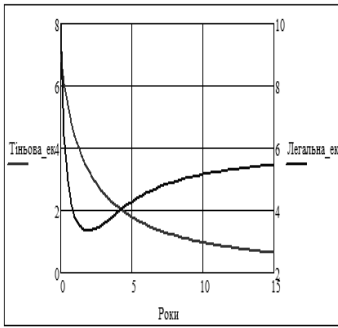


Рис. 2. а) Інтегральні криві ММ (1)

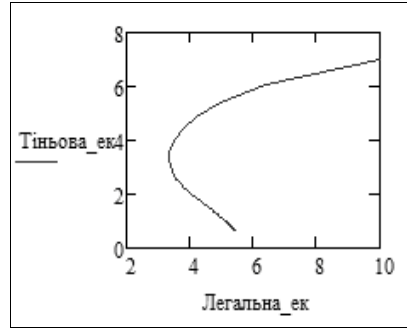


Рис. 2. б) Фазовий портрет ММ (1)

На рис. 3 відтворено тенденцію зменшення ТЕ відносно стартової умови (точка відліку 2000 р.). правда обсяг ЛЕ також падає, але невдовзі стабілізується.

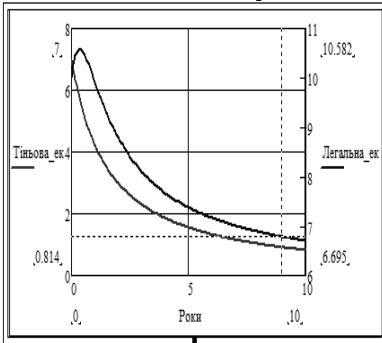


Рис. 3. Тренди обсягів ЛЕ і ТЕ

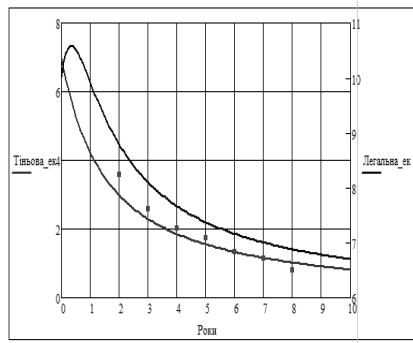


Рис. 4. Співставлення розрахунків Мінекономрозвитку (дані у вигляді точок на графіку) і результатів ОЕ над ММ (1)

Як видно з проведеного ОЕ над ММ (1) результати співпадають з даними Мінекономрозвитку України, тому можна проводи-

ти подальший аналіз для дослідження та прогнозування ТЕ. На підґрунті ММ (1) будуть розглядатися варіанти співіснування двох економічних гілок.

Розглянемо ситуацію, коли у суспільстві спостерігається спад виробництва, але тіньова економіка (ТЕ) набуває розмаху. На сьогоднішній день в Україні така ситуація має місце. Математично можна описати двояко. На підґрунті правил рівнянь економічного стану у якості математичної моделі (ММ) виступає нелінійна диференційна система

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -x_1 + x_1x_2 - c_1x_1^2 \\ \dot{x}_2 = x_2 - x_1x_2 - x_2^2 \end{cases}, \quad (2)$$

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -x_1 - x_1x_2 - c_1x_1^2 \\ \dot{x}_2 = x_2 + x_2x_1 - c_2x_2^2 \end{cases}. \quad (3)$$

Особливі точки $(0;0)$ і $(0; 1/c_2)$ ММ (2) отримуються, розв'язуючи алгебраїчну систему рівнянь:
$$\begin{cases} x_1(-1+x_2-c_1x_1) = 0 \\ x_2(1-x_1-c_2x_2) = 0 \end{cases}.$$

Особливі точки ММ (3) також мають зазначені координати, зважаючи на економічний характер моделі.

Для нелінійних ММ (2) і (3) побудуємо матриці лінеаризації. Елементи даних матриць різняться лише знаками. Для моделей (2) і (3) функціональна матриці лінеаризації відповідно мають вигляд:

$$J_2 = \begin{pmatrix} \frac{-1+x_2-2c_1x_1}{-x_2} & \frac{x_1}{1-x_1-2c_2x_2} \end{pmatrix},$$

$$J_3 = \begin{pmatrix} \frac{-1-x_2-2c_1x_1}{x_2} & \frac{-x_1}{1+x_1-2c_2x_2} \end{pmatrix},$$

які обчислюється в особливих точках ММ. Відповідно отримуються дійсні матриці:

$J_2(0;0) = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$; слід матриці $SpJ_2 = 0$, а особлива точка $(0;0)$ кваліфікується як сідло, нестійка.

$$J_2(0;1/c_2) = \begin{pmatrix} -1+1/c_2 & 0 \\ -1/c_2 & -1 \end{pmatrix}, \quad SpJ_2 = -2+1/c_2; \quad \det J = 1-1/c_2.$$

Для усіх $c_2 > 1$ особливі точки кваліфікуються¹ як стійкі вузли або фокуси; для $c_2 = 1/2$ слід матриці рівний нулю, визначник від'ємний — особлива точка сідло.

Для ММ(3) має місце: $J_3(0;1/c_2) = \begin{pmatrix} -1-1/c_2 & 0 \\ 1/c_2 & -1 \end{pmatrix}$; слід мат-

риці завжди від'ємний, а детермінант — додатний. Особлива точка кваліфікується як стійка (фокус або вузол, траєкторії не розбігаються). Зазначимо, що $J_2(0;0) = J_3(0;0)$.

На підґрунті зазначених вище нелінійних динамічних моделей було проведено кількісне дослідження. Нижче наводяться деякі результати комп'ютерного кількісного моделювання

Для ММ(2) у випадку $c_1 = c_2 = 0,5$ на рис. 5а спостерігається на короткому часовому проміжку (довжиною близько одиниці) падіння обсягу виробництва і незначне зростання обсягу ТЕ. З плином часу продовжується зменшення обсягу ЛЕ і значне нарощування обсягу ТЕ, причому ці процеси досягають своїх піків і надалі стабілізуються. Фазовий портрет (рис. 5б) описує взаємозалежність ТЕ і ЛЕ.

Для інших випадків різних числових значень коефіцієнтів c_1 і c_2 , але виконується $c_1 < c_2$, має місце монотонне падіння легального виробництва, обсяг ТЕ спочатку також трохи падає, а потім стрімко зростає, стабілізуючись на рівні 0,65.

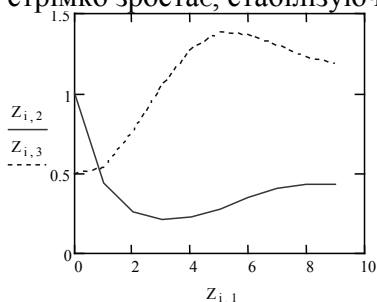
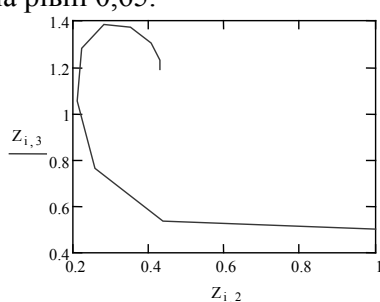


Рис. 5: а) інтегральні криві



б) фазовий портрет
(неперервна — обсяг ЛЕ;
пунктирна лінія — обсяг ТЕ)

¹ Ю.В. Коляда. Адаптивна парадигма моделювання економічної динаміки: монографія. — К: КНЕУ, 2011. — 297 с.

Для нелінійної ММ(3) і дробових значень коефіцієнтів c_1 і c_2 характерна поведінка обсягів ЛЕ і ТЕ приводиться на рис. 6 спостерігається протягом чотирьох одиниць часу падіння легального виробництва, зростання обсягу ТЕ, але надалі ці процеси стабілізуються (досягають рівноважного стану).

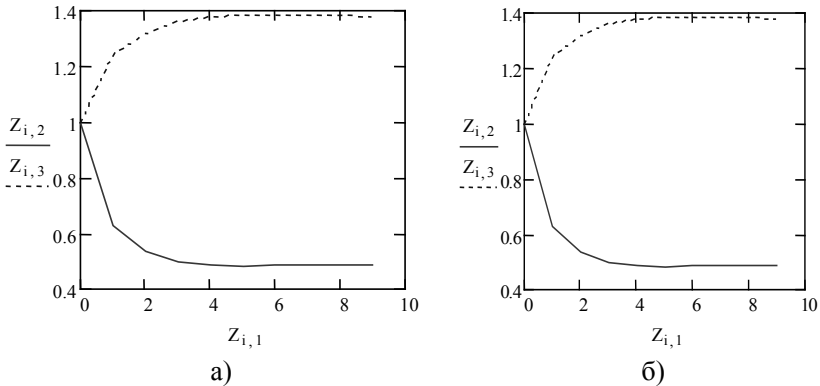


Рис.6 Характерна поведінка обсягів ЛЕ і ТЕ для дробових значень величин c_1 і c_2 .

Як видно, результати числового моделювання з використанням ММ (2) і (3) дещо різняться, ключову роль відіграють коефіцієнти c_1 і c_2 .

Цілком зрозуміло, що адекватний опис розглянутої вище реальної для економіки ситуації вимагає адаптивного використання ММ (2) і (3) на коротких часових проміжках.

Як резюме можна зазначити, що застосування інструментарію комп'ютерного моделювання на підґрунті ММ (1), (2), (3) дозволило висновку, що встановлені тенденції співіснування ТЕ і ЛЕ якісно правильно відображають реалії української економіки.

Надалі існує потреба у дослідженні впливу часових лагів на результати математичного моделювання обсягів тінької та легальної економік, а також розглядати мінливість у часі t коефіцієнтів ММ і застосовувати методи оптимізації розв'язків моделі (1).

Література

1. *Ермаков К.М.* Теневая экономика: анализ и моделирование. — М.: Финансы и статистика, 2004. — 498 с.

2. Коляда Ю.В., Семашко К.А. Сценарії співіснування легальної й тіньової економік суспільства на підґрунті математичного моделювання // Інформаційні технології та моделювання в економіці — третя міжнародна науково-практична конференція. — Черкаси: Брама-Україна, 2012. — С. 121—122.

3. Корнал Я. Системная парадигма // Вопросы экономики. — 2002. — №4. — С. 4—22.

4. Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. «Загальні тенденції тіньової економіки у I кварталі 2012», 2012 // http://www.me.gov.ua/file/link/187630/file/Shadow_Ikv2012.doc

5. Павло Кухта. Тінь в Україні: вплив на економіку // Реальна Економіка. — 22.08.2012.

6. Решетило В.П. Синергетическая парадигма и формирование нелинейного стиля экономического мышления // Экономическая теория. — 2004. — № 4. — С. 3—21.

7. Тіньова економіка: сутність, особливості та шляхи легалізації: монографія/ [З.С. Варналій, А.Я. Жаліло та ін.]; за ред. д. е. н., проф. З.С. Варналія. — К.: НІСД, 2006. — 576 с.

8. Ю.В. Коляда. Адаптивна парадигма моделювання економічної динаміки: монографія. — К: КНЕУ, 2011. — 297 с.

Стаття надійшла до редакції 27.12.2012 р.

УДК 330.45:519.863:332.37

О.В. Ткач, старш. викл., канд. екон. наук,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНВЕСТУВАННЯ ДЛЯ ВІДТВОРЕННЯ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ

АНОТАЦІЯ. У статті розроблено математичну модель економічних процесів відтворення родючості ґрунтів. Досліджено собівартість, реінвестування та фінансові результати хімічної меліорації ґрунтів при різних обсягах вкладень. Показано економічну ефективність і доцільність інвестування цих процесів за власні кошти.

ANNOTATION. The economic-mathematical model of soil fertility reproduction has been developed in this article. Net cost, reinvestment and financial results of chemical land improvement were researched under condition of the various investments. The investment expediency and efficiency has been proved.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: математичне моделювання, критерії оптимізації, невизначеність, інвестування, відтворення родючості ґрунтів, хімічна меліорація, економічна ефективність.