

Ети приложения свидетельствуют о больших возможностях ТУР ССС для построения систем управления социально-экономическими системами любой логической сложности.

Литература

1. *Винер Н.* Кибернетика, или управление и связь в животном и машине / пер. с англ. — М. : Наука, 1983. — 328 с.
2. *Дж. Фон Нейман.* Вероятностная логика и синтез надежных организмов из ненадежных компонентов. // Сб. ст. под ред. К. Э. Шеннона и Дж. Маккарти ; пер. с англ. под ред. А. А. Ляпунова. — М. : ИЛ, 1956.
3. *Калман Р. Е.* Идентификация систем с шумами // Успехи математических наук. — 1985. — Т. 40. — Вып. 4 (244). — С. 27–41.
4. *Рябинин И. А.* Надежность и безопасность структурно-сложных систем / 2-е изд. — СПб. : Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2007. — 276 с.
5. *Buchanan, James.* Liberty, Market and State. W heatsheaf, 1985.
6. *Heckman Jamis J, Leamer Edward.* Handbook of Econometrics. — 2002. — Vol. 5.
7. *Соложенцев Е. Д.* Технологии управления риском в структурно-сложных системах. — Уч. пособие. — СПб. : ГУАП, 2013 — 435 с.
8. *Solozhentsev E. D.* Risk management technologies (with logic and probabilistic models). Springer, 2012. — 328 p.
9. *Колесов Д. Н., Михайлов М. В., Хованов Н. В.* Оценка сложных финансово-экономических объектов с использованием системы поддержки принятия решения АСПИД–3W. Учебное пособие. — СПб. : ОЦЭиМ, 2004. — 64 с.

Стаття надійшла до редакції 11.05.2014 р.

УДК 300:51+519.86

Коляда Ю. В., к.т.н., доцент кафедри економіко-математичного моделювання
Кравченко Т. В., асистент кафедри економіко-математичного моделювання
Ліпанова Ю. В., студентка 4 курсу факультету інформаційних систем і технологій Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана

ДИСКРЕТНИЙ ВАРІАНТ МОДЕЛІ СОЛОУ ДЛЯ ВІДКРИТОЇ ЕКОНОМІКИ: МОДЕЛЮВАННЯ ТРАЄКТОРІЙ РОЗВИТКУ

АНОТАЦІЯ. Аналізуються результати імітаційного моделювання відкритої економіки, використовуючи дискретну модифікацію неперервної моделі Солоу, якою ураховується зовнішньоторгове сальдо.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: неперервна модель Солоу, відкрита економіка, дискретна модифікація, функція Кобба-Дугласа, модифіковане логістичне відображення.

АННОТАЦІЯ. Анализируются результаты имитационного моделирования открытой экономики, используя дискретную модификацию непрерывной модели Солоу, в которой учитывается внешнеторговое сальдо.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: непрерывная модель Солоу, открытая экономика, дискретная модификация, функция Кобба-Дугласа, модифицированное логистическое отображение.

ABSTRACT. Analyzes the results of a simulation of an open economy, using a discrete modification of continuous Solow model, which takes into account foreign trade balance.

KEY WORDS: continuous model of Solow, open economy, discrete modification, the Cobb-Douglas function, modified the logistic map.

Вступ. Сучасні тенденції еволюції економіки вимагають побудови математичних моделей (ММ) нелінійної економічної динаміки, на підґрунті яких імітаційне моделювання допомагає уникнути можливого стану хаотичного розвитку. Створення адекватних динамічних моделей для аналізу поведінки нелінійних економічних систем на сьогодні є актуальною проблемою моделювання економіки.

Аналіз літературних джерел. Вперше дискретний варіант класичного рівняння Солоу, використовуючи ортодоксальну функцію Кобба–Дугласа, розглядався у монографії [1]. Головна перевага такого підходу проявляється в одночасному моделюванні обсягу капіталізації суспільства і циклів ділової активності. Глибше дослідження зазначеного підходу було проведено в статті [2], де отримано обмеження на величини скалярів узагальненого логістичного відображення; побудовано його карту динамічних режимів, біфуркаційні діаграми тощо; досліджено вплив явища лагу на перебіг економічних процесів.

Взагалі кажучи, дискретні аналоги неперервних динамічних моделей нелінійної економіки прийнятніші для економічного аналізу — комп'ютерного моделювання (сценарії розвитку подій), приймаючи до уваги особливий характер економічної інформації та простоту реалізації рекурентних відношень (ітеративних відображень). Але перелік праць для даного підходу в моделюванні економіки поки що невеликий.

Постановка проблеми. Розробити нелінійну ММ економічної динаміки, яка, на відміну від праці [2], урахувала б фактор відкритості економіки.

Мета статті. На шляху імітаційного моделювання знайти обмеження на величину зовнішньоторговельного сальдо, щоб уникнути краху економіки, хаотизації економічного стану.

Виклад основного матеріалу. В основу дослідження покладено доповнена чинниками експорту та імпорту модель Солоу [2]:

$$k = sf(k) - (n + d)k + \tilde{a}, \quad (1)$$

де $f(k)$ — швидкість приросту фондоозброєності для виробничої функції Кобба-Дугласа; $f(k) = Ak^\alpha$; A — технологічний коефіцієнт;

$k = \frac{K}{L}$ — фондоозброєність праці; α — коефіцієнт еластичності по

капіталу; $n = \frac{\partial L}{\partial t} \cdot \frac{1}{L}$ — темп зростання населення L у момент часу t ;

d — коефіцієнт амортизації капіталу; $a = \frac{Y^a}{L}$ — питома величина зовнішньої допомоги; $Y^a = Y^i - Y^e$ — зовнішньоторговельне сальдо;

$s = \frac{S}{K}$ — питомий заощадження S — заощадження; K — капітал.

Висловлюється гіпотеза: має місце рівність $\tilde{a} = ak_t$, тобто сальдо зображується через величину k_t , де коефіцієнт a свідчить про обсяг зовнішньої допомоги.

Перейдемо до дискретного варіанту даного рівняння, для цього приймаємо $\Delta k = k_{t+1} - k_t$, тоді рівняння (1) буде мати вигляд:

$$k_{t+1} = sAk_t^\alpha \left(1 - k_t^{1-\alpha} \left(\frac{n+d-1-a}{sA} \right) \right). \quad (2)$$

Тепер здійснимо заміну змінної:

$$X_t = \left(\frac{n+d-1-a}{sA} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}} \cdot k_t. \quad (3)$$

Це дійсно так, і після таких алгебраїчних перетворень рівняння (1) набуває вигляду:

$$\dot{k} = sAk^\alpha - (n+d)k + \tilde{a};$$

$$k_{t+1} - k_t = sAk_t^\alpha - (n+d)k_t + \tilde{a};$$

$$k_{t+1} = sAk_t^\alpha - (n+d)k_t + ak_t + k_t;$$

$$k_{t+1} = sAk_t^\alpha - k_t(n+d-1-a);$$

$$\begin{aligned}
X_t^\alpha &= \left(\frac{n+d-1-a}{sA} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}-1} \cdot k_t^\alpha = \left(\frac{n+d-1-a}{sA} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}} \cdot k_t^\alpha \frac{sA}{n+d-1-a}; \\
X_t^{1-\alpha} &= \left(\frac{n+d-1-a}{sA} \right) \cdot k_t^{1-\alpha}; \\
X_{t+1} &= \left(\frac{n+d-1-a}{sA} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}} \cdot k_{t+1} = \left(\frac{n+d-1-a}{sA} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}} \cdot sA k_t^\alpha \left(1 - \frac{(n+d-1-a)}{sA} \cdot k_t^{1-\alpha} \right) = X_t^\alpha (n+d-1-a) (1 - X_t^{1-\alpha}); \\
X_{t+1} &= r X_t^\alpha (1 - X_t^{1-\alpha}), \tag{4}
\end{aligned}$$

де $r = (n+d-1-a)$. Рівняння (4) є модифікацією класичного логістичного відображення. Її вивчення вимагає враховувати не тільки зміну параметра r , але також його скаляр α .

Параметр r цілком визначається коефіцієнтом a , тобто відкритість економічної системи вносить найбільшу частку. По-перше, приріст населення n у світі максимально представлений 0,45 у деяких країнах Африки, а значення менше 0 вказують на вимирання населення (що характерно для України). Для України він дорівнює $n = -0.03$. По-друге, коефіцієнт амортизації знаходиться в межах $0 < d < 1$, де $d = 1$ вказує на абсолютно нове обладнання. Отже, a вважається керуючим параметром дискретної моделі (4).

Поведінки моделі (4) залежно від зміни параметра a . При $a = 0$ (рівність експорту та імпорту) як результат відбувається взаємозалік показників і економіка не отримує зовнішньої допомоги. Така ж ситуація передбачається для класичної моделі Солоу, яка передбачає закритість економічної системи. У цьому випадку дискретне відображення (4) набуває такого вигляду:

$$Y_{t+1} = r_0 Y_t^\alpha (1 - Y_t^{1-\alpha}), \tag{5}$$

де $r_0 = (n+d-1)$. Очевидно, що для аналізу моделі (5) необхідно враховувати одночасно значення r_0 і α , що було виконано в роботі [1].

Припустимо, що $a > 0$. При цій умові економіка одержує зовнішню допомогу, тобто значення імпорту переважає над експортом, за рахунок чого приріст виробництва зменшується.

Для наочності візьмемо певну (визначену) економічну систему, характеристиками якої є високий приріст населення, незначний знос капіталу і високий коефіцієнт еластичності по капіталу. При таких умовах збільшення a призведе до зменшення темпу приросту капіталу r . Оскільки коефіцієнт r повинен бути обов'язково позитивним, то величина зовнішньоекономічної допомоги обмежена, і тому необхідно виконувати таку умову:

$$a \leq (n + d - 1). \tag{6}$$

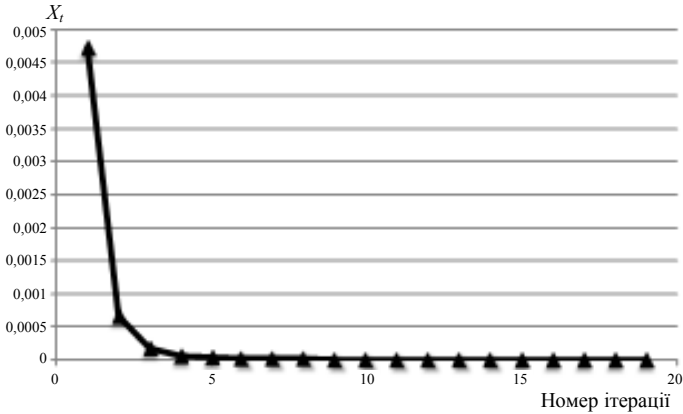


Рис. 1а. Значення X_t з урахуванням впливу a

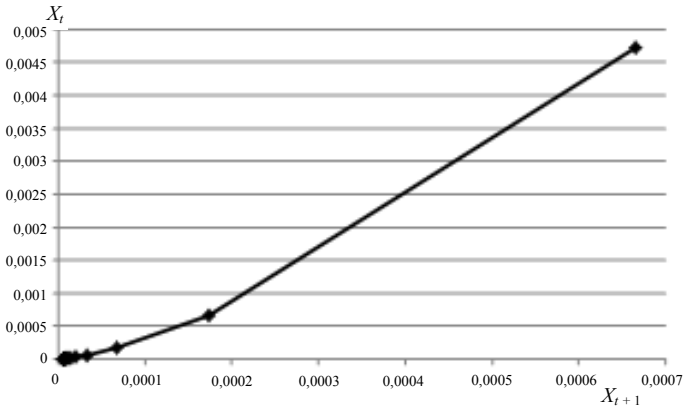


Рис. 1б. Залежність між X_t і X_{t+1}

r	n	d	a	α	X_t
0,05	0,25	0,8	0	0,75	0,5

На рис. 1 спостерігається крах економічної системи, хоча інші складові моделі (4) за своєю суттю повинні збільшувати темп економічного зростання.

При $a < 0$ рекурентна функція (4) показує набагато складнішу поведінку, адже значення r зростає. При заданих умов розбіжність моделі (рис. 2) буде спостерігатися при $-6,6 < a < -4,4$ і $4,45 < r < 6,65$. Трактуючи економічну сутність, ми бачимо значну нестабільність від стрімкого зростання до різкого занепаду, проте з часом система стабілізується за рахунок поступового зменшення амплітуди коливань.

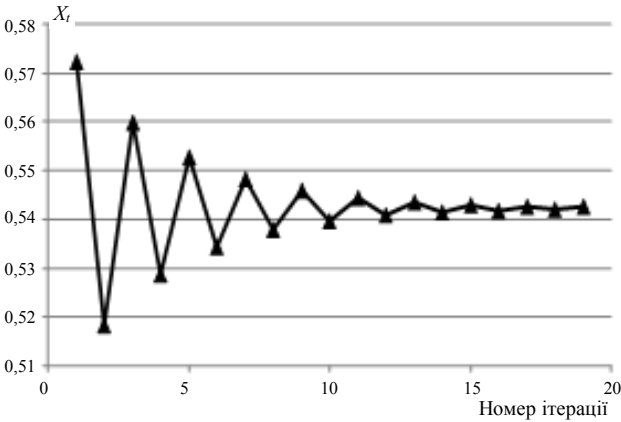


Рис. 2а. Збіжність X_t модифікованого логістичного рівняння

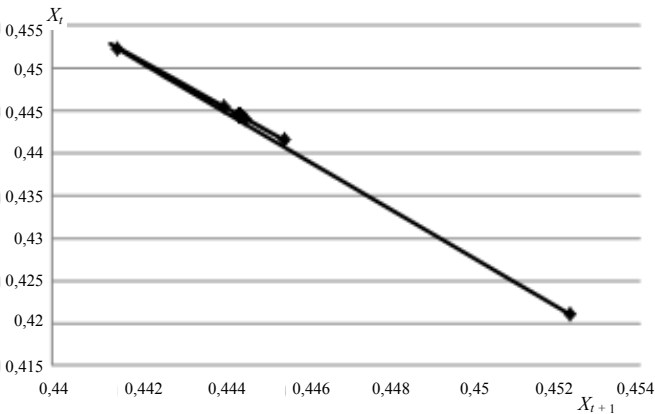


Рис. 2б. Залежність між X_t і X_{t+1}

r	n	d	a	α	X_t
6,05	0,25	0,8	-6	0,75	0,5

Коли $-8,5 < a < -6,7$ і $6,75 < r < 8,55$, то відповідно отримаємо цикл періоду 2 (рис. 3), тобто коли система постійно коливається між двома значеннями.

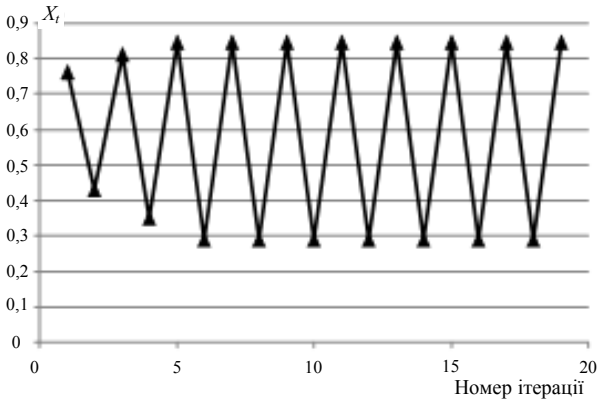


Рис. 3а. Цикл періоду 2 для X_t

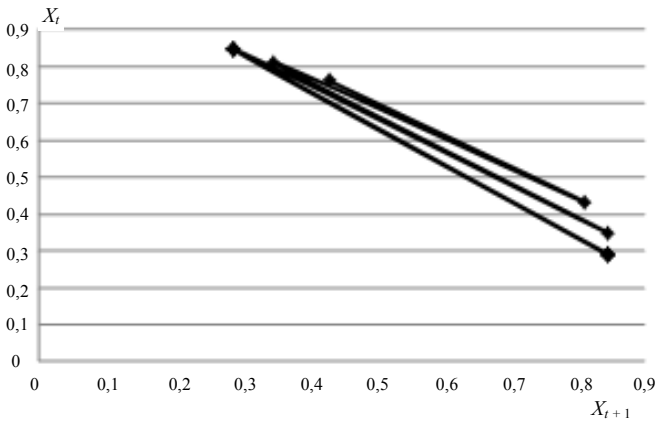


Рис. 3б. Залежність між X_t і X_{t+1}

r	n	d	a	α	X_t
8,05	0,25	0,8	-8	0,75	0,5

При подальшому збільшенні значення a буде відбуватися каскад бифуркацій і числові значення X_t будуть коливатися між 4-ма, 8-и, 16-ти, 32-ма значеннями, поки не вийдуть за межі $[0,1]$. Останнє можливо при $a < -6.7$ і відповідно $r > 9.5$ (рис. 4), тобто при дуже стрімкому темпі фондоозброєності праці, що не є реальним.

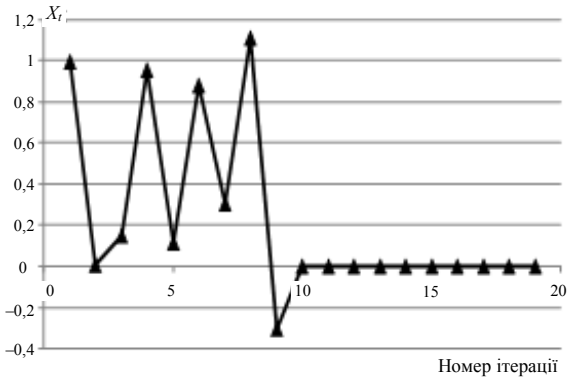


Рис. 4а. Крах економічної системи

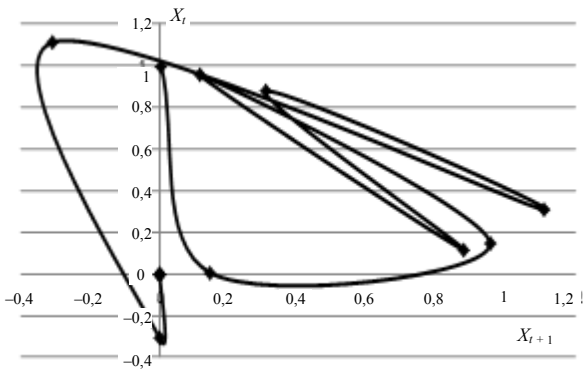


Рис. 4б. Залежність між X_t і X_{t+1}

r	n	d	a	α	X_t
10,55	0,25	0,8	-10,5	0,75	0,5

Слід звернути увагу на те, що у модифікованому логістичному рівнянні (4) r може приймати набагато більші значення, ніж 3,57. Наприклад, на рис. 3 r досягає 8,05 при цьому система залишається не хаотичною. Враховуючи економічну сутність темпу приросту r , його досягнення такого високого значення (а тим більше більшого)

у реальних умовах неможливо. Тобто можна говорити про те, що економічна система не може переходити в стан хаосу. Незалежно від того, чи є її параметри позитивними чи ні, вона залишається відносно стабільною, навіть якщо ця стабільність жахлива.

Поведінка дискретної моделі (4) для України. На жаль, відсутність параметрів моделі Солоу для України робить неможливим моделювання її економіки. Однак, навіть за цієї умови можна досліджувати очікувані тенденції. Економічна ситуація в Україні характеризується негативним приростом населення, достатньо високим рівнем зносу капіталу, високим значенням коефіцієнта еластичності капіталу припускаючи ефективне його використання. Нехай параметри моделі (4) набувають числових значень: $n = -0,03$, $d = 0,8$, $\alpha = 0,75$, $X_t = 0,5$. Дослідження моделі показують складну поведінку економічної системи, допускаючи загрозу настання хаосу.

Очевидно, параметр зовнішньоекономічної допомоги є ключовим. З економічної точки зору це пояснюється тим, що держава має безпосередній вплив на параметр a . Розглянемо, як буде змінюватися поведінка системи в залежності від значення вартості імпорту на душу населення. З нерівності (6) $a \leq -0,23$ витікає залежність зовнішньоекономічної допомоги від коефіцієнта приросту населення і амортизації обладнання.

При вибраних значеннях n , d , α , X_t повинно виконуватись умова (6). Тому експорт обов'язково повинен перевищувати імпорт. У разі протилежної ситуації економіка не зростатиме.

Величина X_{t+1} стабілізується при $-3,4 < a < -2,1$ і відповідно $1,87 < r < 3,17$ (рис. 5); величина X_{t+1} намагається досить швидко досягти нульового значення (за 6 ітерацій) при $-2,1 \leq a < -0,4$ і $0,17 < r \leq 1,87$ (рис. 6).

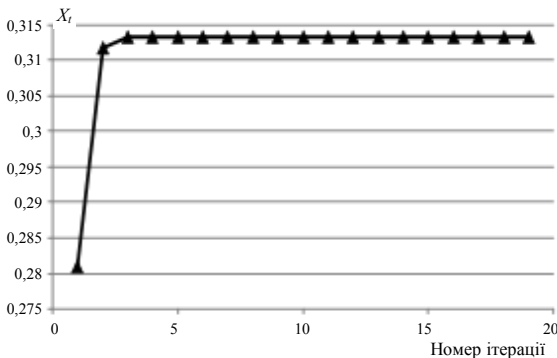


Рис. 5а. Досягнення системного максимуму

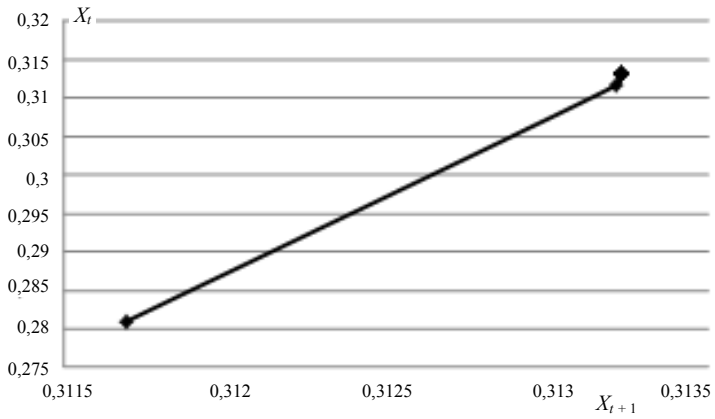


Рис. 5б. Залежність між X_t і X_{t+1}

r	n	d	a	α	X_t
2,97	-0,03	0,8	-3,2	0,75	0,5

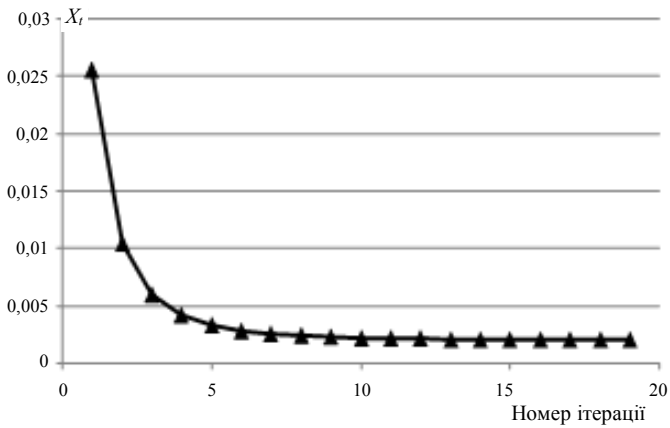


Рис. 6а. Занепад економічної системи

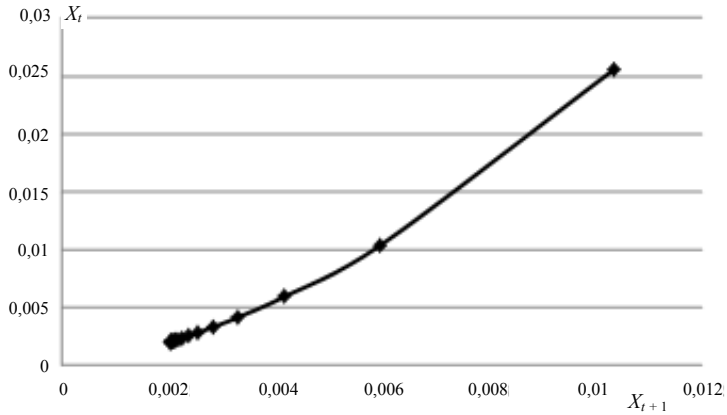


Рис. 6б. Залежність між X_t і X_{t+1}

r	n	d	a	α	X_t
0,27	-0,03	0,8	-0,5	0,75	0,5

Крах економічної системи відбувається при $-0,4 < a \leq -0,23$ і $0 \leq r < 0,17$, тобто задані числові значення параметрів моделі недостатні для економічного підйому (рис. 7).

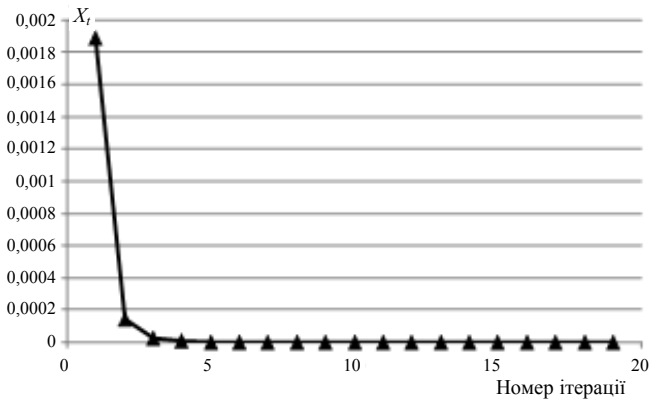


Рис. 7а. Крах економічної системи

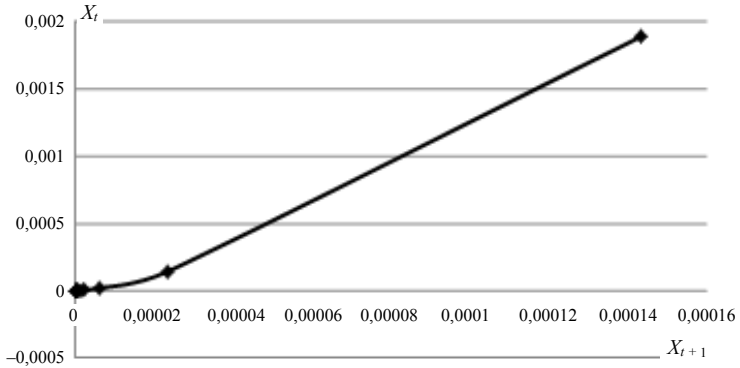


Рис. 7б. Залежність між X_t і X_{t+1}

r	n	d	a	α	X_t
0,02	-0,03	0,8	-0,25	0,75	0,5

Коли $6,9 \leq a \leq -4,3$ модель є збіжної (рис. 8). Цикл періоду 2 спостерігається при $-8,8 \leq a \leq -6,9$ (рис. 9), цикли періоду 4 при $a < -8,8$ (рис. 10). Значення X_t виходять за межі системи, якщо $a \leq -9,8$ (рис. 11).

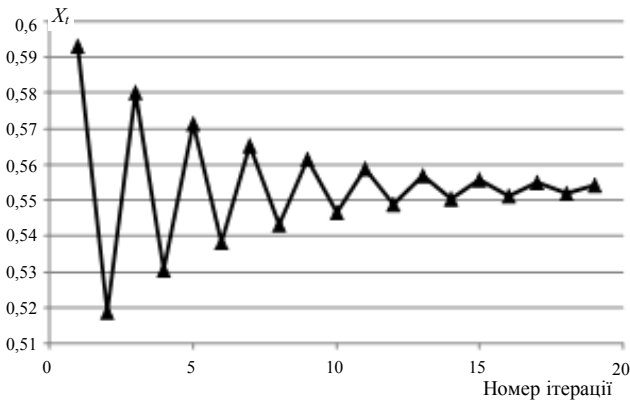


Рис. 8а. Збіжність X_{t+1}

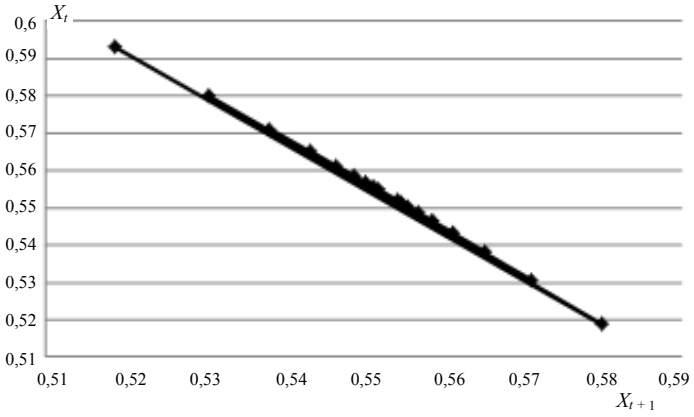


Рис. 8б. Залежність між X_t і X_{t+1}

r	n	d	a	α	X_t
6,27	-0,03	0,8	-6,5	0,75	0,5

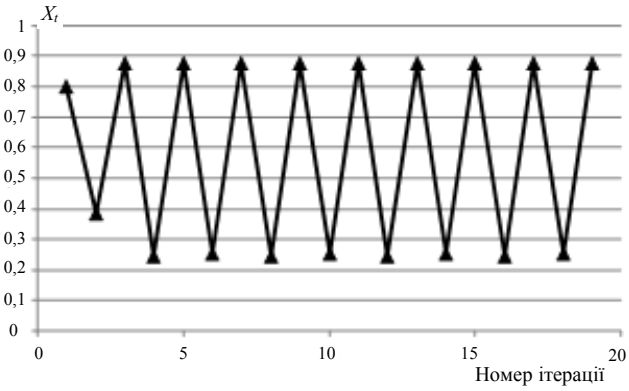


Рис. 9а. Цикл періоду 2 X_{t+1}

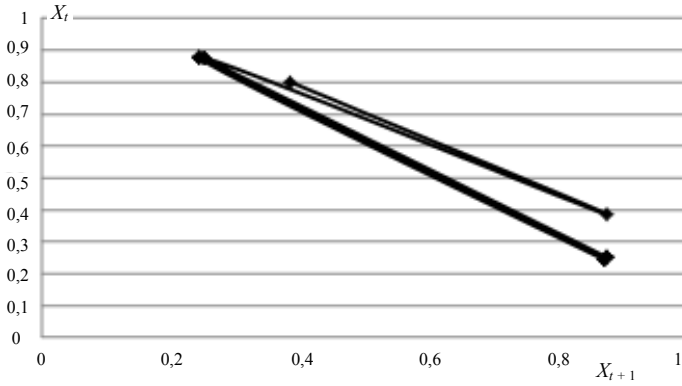


Рис. 9б. Залежність між X_t і X_{t+1}

r	n	d	a	α	X_t
8,57	-0,03	0,8	-8,8	0,75	0,5

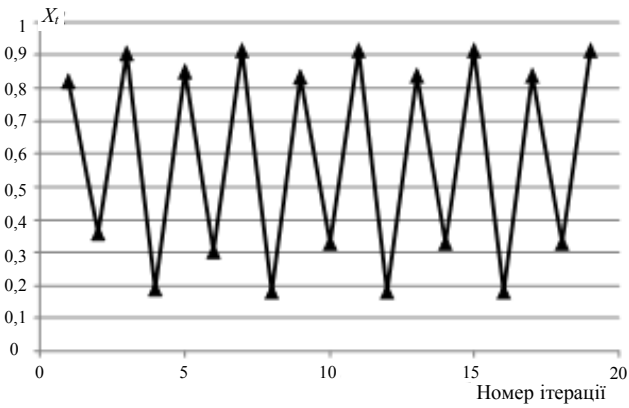


Рис. 9а. Цикл періоду 4 X_{t+1}

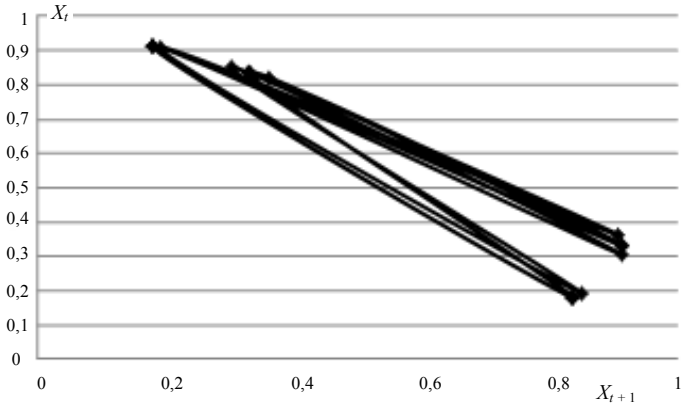


Рис. 10б. Залежність між X_t і X_{t+1}

r	n	d	a	α	X_t
8,67	-0,03	0,8	-8,9	0,75	0,5

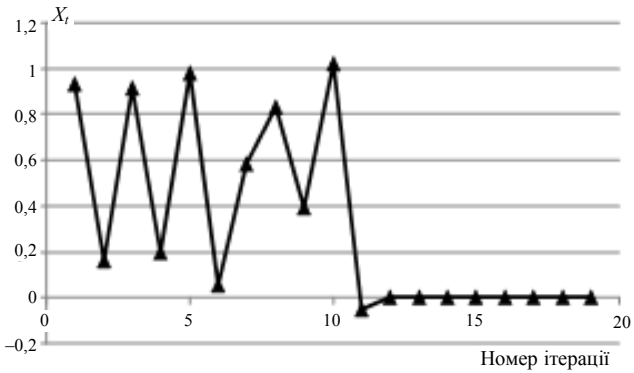


Рис. 11а. Крах економічної системи

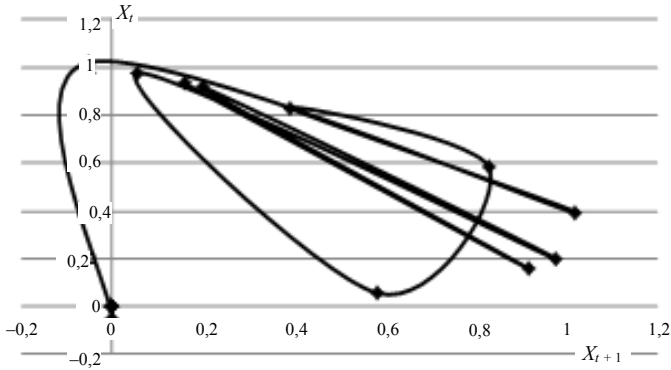


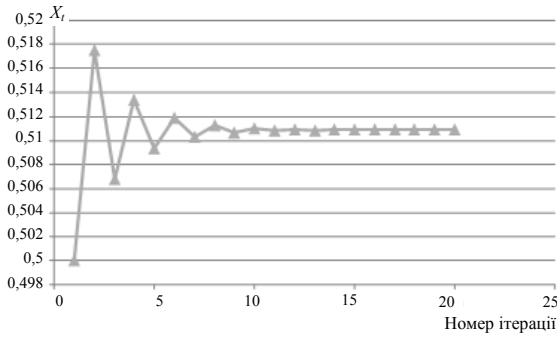
Рис. 11б. Залежність між X_t і X_{t+1}

r	n	d	a	α	X_t
9,87	-0,03	0,8	-10,1	0,75	0,5

З рис. 11 очевидна оманлива поведінка системи, адже до 11 ітерації спостерігаються чергові фази зростання та спадання.

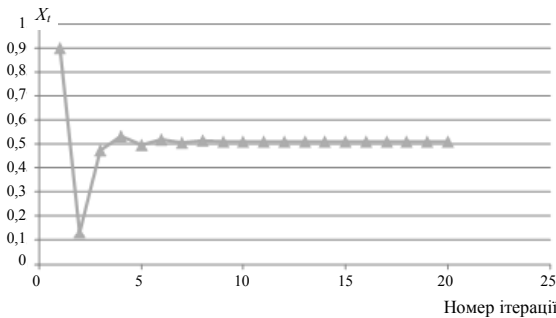
Варто відмітити, що дані числові значення зовнішньоторговельного сальдо на душу населення занадто високі, тобто не відповідають реаліям економічної практики. При значній перевазі імпорту система веде себе по-різному — залежно від величини зовнішньоекономічної допомоги можливий як економічний спад, або навпаки — зростання, так і повна хаотизація.

Вплив початкового наближення на поведінку моделі. Розглянемо на прикладі збіжної системи як від зміни початкового значення розглянутої моделі буде змінюватися її поведінка. В результаті дослідження були виявлені наступні закономірності. При великих початкових значеннях $0,5 < X_0 < 1$ після першої ітерації відбувається значний спад (до 100 %), який прямо пропорційний X_0 (рис. 12б). Однак, амплітуда коливань наступних ітерацій незначна. Із збільшенням X_0 , амплітуда коливань також збільшується, досягаючи свого максимуму при $X_0 = 0,5$ (рис. 12а). Коли $0 < X_0 < 0,5$ в економічній системі спостерігається протилежний тренд, ніж при значеннях $X_0 > 0,5$, а саме відбувається підйом (рис. 12в). Відповідно, чим більше початкове наближення, тим більше амплітуда коливань, тобто система є менш стійкою.



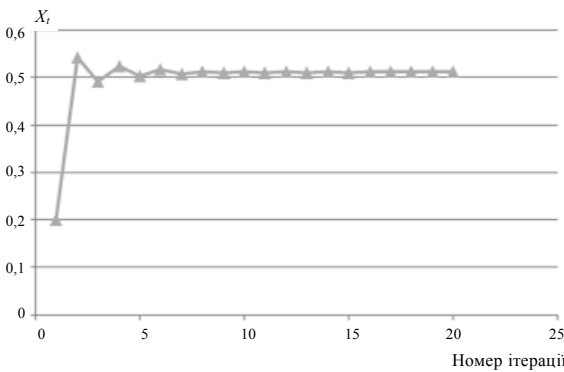
r	5,47
n	-0,03
d	0,3
a	-6,2
α	0,75
X_t	0,5

Рис. 12а. Поведінкова системи при $X_0 = 0,5$



r	5,47
n	-0,03
d	0,3
a	-6,2
α	0,75
X_t	0,9

Рис. 12б. Поведінкова системи при $X_0 = 0,9$



r	5,47
n	-0,03
d	0,3
a	-6,2
α	0,75
X_t	0,2

Рис. 12в. Поведінкова системи при $X_0 = 0,2$

Економічне трактування полягає в тому, що найнестійкішою є економіка з відносно середніми, порівняно з минулими роками, економічними результатами. Чим більше валовий внутрішній продукт,

тим меншою буде різниця між спадами і підйомами в наступних роках. Останнє вказує на стійкість економіки. При протилежних початкових умов, коли ВВП базисного року дуже мале, амплітуда коливань також незначна, але за рахунок «слабкості» економіки. Отже, найнестійкішою і найризикованішою виявляється ситуація, коли складно визначити чи є економіка «сильною» або «слабкою».

Висновки. У даній роботі розглянуто модель Солоу із врахуванням зовнішньої допомоги, тобто фактора відкритості економічної системи. Модель приведено до модифікованого логістичного рівняння і розглянуті можливі варіанти його поведінки залежно від значень параметрів. Практична значимість цієї роботи полягає в розширенні традиційної виробничої моделі, що робить її реалістичнішою. Було показано значну роль саме параметра зовнішньо-економічної допомоги, також неможливість переходу системи до стану хаотизації при відповідних значеннях параметрів.

Визначено допустимі межі, для яких зміна значення a не призводить до хаотизації і оптимальні значення цього параметра, які навпаки буде мати позитивний вплив. Також у роботі розглянуто вплив базисного значення ВВП на подальшу поведінку системи. І визначено, що найнестабільнішою виявляється ситуація, коли ВВП досягає відносно середніх результатів.

Знаючи параметри виробничої функції України, можна було б відстежити вплив зміни окремих показників на подальший розвиток. Дана модель у перспективі може стати дієвим інструментом державного регулювання, наприклад при створенні зовнішньоекономічної політики. Варіюючи чисельне значення зовнішньоторговельного сальдо, можна робити прогнози щодо доцільності отримання допомоги від інших країн.

Література

1. *Сергеева Л. Н.* Моделирование поведения экономических систем методами нелинейной динамики (теория хаоса). — Запорожье : ЗГУ, 2002. — 227 с.
2. *Витлинский В. В.* Моделирование и анализ траекторий экономического развития на основе дискретной модели Солоу / Витлинский В. В., Коляда Ю. В., Баранов К. О. // Проблемы экономики. — 2013. — № 10. — С. 353—362.
3. *Ляшенко А. И.* Многопараметрическое регулирование на множестве неустойчивых траекторий экономического роста открытой экономики / Экономическая кибернетика. — Донецк, 2007. — № 3—4. — С. 22—28.
4. *Ляшенко А. И.* Математическое моделирование динамики открытой экономики : монография. — М. : Волынские обереги, 2005. — 360 с.

5. Государственный комитет статистики Украины / Демографическая ситуация // Режим доступа: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2007/ds/nas_rik/nas_u/nas_rik_u.html

Стаття надійшла до редакції 15.05.2014 р.

УДК 338.984:330.4

Краснюк М. Т., к.е.н., доцент,
Київський національний економічний університет
імені Вадима Гетьмана

ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ОБЧИСЛЕНЬ ДЛЯ АНАЛІЗУ ГЕОЛОГО-ГЕОФІЗИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ З МЕТОЮ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНО- ОБГРУНТОВАНИХ ОБ'ЄКТІВ (ПЛАСТІВ) ДЛЯ ПОДАЛЬШОЇ ПРОМИСЛОВОЇ РОЗРОБКИ

АНОТАЦІЯ. У статті запропоновано моделі та технології їх застосування, що забезпечують літологічне розчленовування свердловини та виявлення нафтонасичених колекторів. Для вирішення вищезазначеної задачі запропонована технологія використання алгоритмів машинного навчання без вчителя (метод багатомірного шкалування, самоорганізуючі карти Кохонена, метод виділення головних компонентів). Впровадження таких технологій та алгоритмів має істотне значення як для підвищення ступеня об'єктивізації бізнес-процесу інтерпретації геолого-геофізичної інформації (що складно піддається формалізації), так і для геолого-економічної обґрунтованості результатів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: геолого-економічна оцінка; алгоритми навчання інтелектуальної системи; метод багатомірного шкалування; карти Кохонена, що самоорганізуються; метод виділення головних компонент; пласт нафтогазової свердловини.

АННОТАЦИЯ. В статье предложены модели и технологии их применения, обеспечивающие литологическое расчленение скважины и выявляющие нафтонасыщенные коллектора. Для решения вышеуказанной задачи предложена технология использования алгоритмов машинного обучения без учителя. Внедрение таких технологий и алгоритмов имеет существенное значение как для повышения степени объективизации бизнес-процесса интерпретации геолого-геофизической информации (который сложно поддается формализации), так и для геолого-экономической обоснованности и зачужести результатов.

ABSTRACT. In the article author proposes the model and the technologies for lithological division and oil&gas reservoirs detection. To solve the above mentioned problem the author proposes to use unsupervised machine-learning algorithms. The implementation of proposed technologies and algorithms is essential to increase the degree of objectivity of the business process of interpretation of geological and geophysical data (which are difficult to formalize) and for geological and economic validity and significance of the results.