

Люльов Олексій Валентинович,
канд. екон. наук, доцент, доцент кафедри економіки та
бізнес-адміністрування, Сумський державний університет (м. Суми, Україна);
Пімоненко Тетяна Володимирівна,
канд. екон. наук, ст. викладач кафедри економіки та
бізнес-адміністрування, Сумський державний університет (м. Суми, Україна)

МОДЕЛЬ ЛОТКИ-ВОЛЬТЕРРИ ЯК ІНСТРУМЕНТ АНАЛІЗУ СТІЙКОСТІ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ТА ІННОВАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ

Стаття присвячена дослідженню проблем, пов'язаних з аналізом стійкості інвестиційних та інноваційних процесів економічних систем. Проведено аналіз основних статистичних показників, що відображають інвестиційний та інноваційний розвиток України та Сумської області зокрема. Виявлено основні чинники, що перешкоджають активізації інноваційних процесів. Розглянуто модель, що дозволяє описати основні фактори, що впливають на інвестиційні процеси в економічних системах регіонального рівня, на прикладі Сумської області, для виявлення істотних закономірностей конкуренції в економічній системі, а також для моделювання взаємодії на ринку через запропоновані параметри моделі.

Ключові слова: аналіз, динамічна модель, інвестиції, інновації, система.

DOI: 10.21272/mmi.2017.1-14

Актуальність проблеми. Сучасні тенденції розвитку вітчизняної економіки, політична нестабільність, недосконалість законодавчої бази обумовлюють зниження активності інвестиційних процесів у країні. При цьому євроінтеграційні процеси, що наразі відбуваються в країні, спонукають до впровадження відповідних дієвих механізмів щодо подолання вищезазначених проблем, зокрема й активізації інвестиційних процесів. Треба наголосити, що вагома частка економічного навантаження щодо активізації інвестиційних процесів покладена на регіони країни. Тому від результативної діяльності регіональної інвестиційної політики залежить і вирішення ряду проблем на національному рівні. При цьому головною проблемою активізації регіональних інвестиційних процесів є відсутність дієвого механізму розподілу інвестиційних ресурсів із метою розвитку конкурентоспроможних галузей у регіоні. Тому необхідним є пошук нових та удосконалення діючих механізмів розподілу інвестиційних ресурсів з метою реалізації у повній мірі внутрішнього потенціалу регіону і, як наслідок, країни в цілому. При цьому механізм розподілу залучених інвестиційних коштів повинен бути зорієнтований на підтримку розвитку конкурентоспроможних галузей, а також підвищення їх питомої ваги.

Аналіз останніх наукових досліджень. Теоретичним та практичним аспектам характеристики інвестиційних процесів в економічних системах присвячена значна кількість праць як вітчизняних, так і зарубіжних науковців, а саме: Амоша О.І. [10], Бажал Ю.М. [11], Божкова В.В. [12], Геєць В.М. [10], Герасимчук З.В. [13], Данилишин Б.М. [14], Дейнеко Л.В. [15], Ілляшенко С.М. [12], Кузьмін О.Є. [16] та ін. Проте, незважаючи на наявний науково-дослідний потенціал, а також емпіричні й теоретичні розробки, подальшого дослідження потребують підходи щодо виокремлення факторів впливу на розподіл інвестиційних ресурсів в економічній системі, а також оцінювання їх впливу та взаємодії між собою при розподілі інвестиційних ресурсів в економічній системі. Одним з інструментів, що забезпечує вирішення цього завдання, є синергетична модель Лотки-Вольтерри.

Метою статті є дослідження змін інвестиційних процесів в економічній системі, визначення факторів впливу на розподіл інвестиційних ресурсів, а також їх оцінювання за допомогою синергетичної моделі Лотки-Вольтерри.

Викладення основного матеріалу дослідження. Досліджуючи розвиток та ефективність функціонування економіки країни, вітчизняні учені значну увагу передусім приділяють рівню та змісту інноваційності, інноваційно-технологічному розвитку, забезпеченості інвестиційними ресурсами системи, адже вони визначають загальне зростання економіки та забезпечують постійний економічний розвиток. Як зазначає Кудряшов В.П.: «Залучення коштів іноземних інвесторів сприяє активізації інвестиційного процесу, впровадженню нових технологій, використанню передового зарубіжного досвіду, розвитку малого і середнього бізнесу та зростанню інвестиційного потенціалу територій та ін.» [1]. Інвестиціями у контексті Закону України «Про інвестиційну діяльність», редакція від 06.11.2014 р., розуміють всі види майнових та інтелектуальних цінностей, що вкладаються в об'єкти підприємницької та інших видів діяльності, в результаті якої створюється прибуток (дохід) або досягається соціальний ефект [2].

Станом на 01.01.2015 року загальний обсяг прямих іноземних інвестицій (акціонерного капіталу), внесених в Україну, з урахуванням його переоцінки, втрат, курсової різниці, становив 45916,0 млн дол. США, що в розрахунку на одну особу становить 1072,0 дол. США [3].

Згідно зі статистичними даними станом на 01.01.2015 р. до України інвестиції надійшли зі 131 країни світу, зокрема з країн Європейського Союзу (ЄС). При цьому 35575,5 млн дол. (77,5% загального обсягу акціонерного капіталу) інвестовано з країн ЄС, а 10340,5 млн дол. – з інших країн світу, що становить 22,5% від загального обсягу акціонерного капіталу [3].

При цьому результати аналізу свідчать, що до десятки основних країн-інвесторів, на які припадає майже 83% загального обсягу прямих інвестицій, входять: Кіпр – 13710,6 млн дол., Німеччина – 5720,5 млн дол., Нідерланди – 5111,5 млн дол., Російська Федерація – 2724,3 млн дол., Австрія – 2526,4 млн дол., Велика Британія – 2145,5 млн дол., Віргінські Острови (Брит.) – 1997,7 млн дол., Франція – 1614,7 млн дол., Швейцарія – 1390,6 млн дол. та Італія – 999,1 млн дол. (рис. 1).

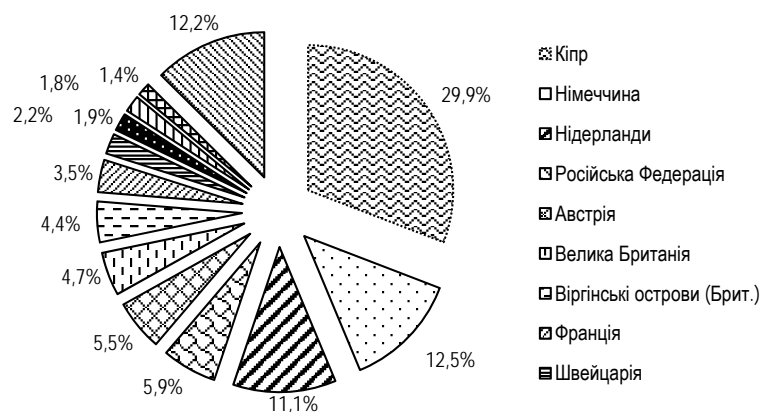


Рисунок 1 – Розподіл прямих іноземних інвестицій (акціонерного капіталу) в Україну за основними країнами-інвесторами (у відсотках до загального обсягу) станом на 01.01.2015 р.

Загалом інвестиції спрямовуються у вже розвинені сфери економічної діяльності. На промислових підприємствах зосереджено 31,7% загального обсягу прямих інвестицій в Україну, у фінансових установах – 26,4%, обсяг інвестицій у галузі сільського господарства є найменшим – лише 1,4%, що майже в 24 рази менше від обсягу інвестицій у промисловості. Докладніше розподіл іноземних інвестицій наведений на рис. 2 [3].

Розділ 3 Інноваційний менеджмент

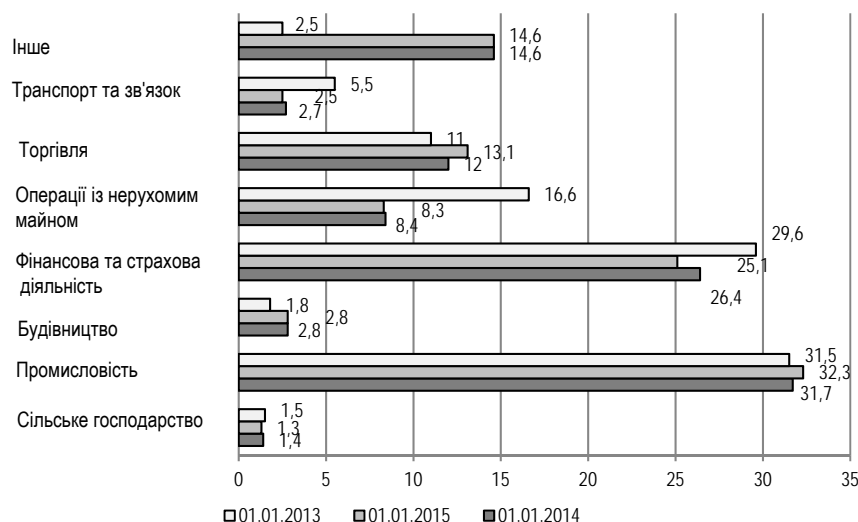


Рисунок 2 – Розподіл прямих іноземних інвестицій за основними видами економічної діяльності в Україні (у відсотках до загального обсягу) за 2013-2014 рр.

Інвестиції, що надійшли в Україну від іноземних інвесторів, загалом залучені в кожному регіоні країни. Проте, як бачимо з табл. 1, обсяг прямих інвестицій у кожному регіоні різний. Так, найбільше інвестицій надійшло до м. Києва, що в загальному підсумку становить – 49,5% усіх інвестиційних надходжень в Україну. Найменший обсяг інвестицій спостерігається в Тернопільській області – 0,1%, проте за останні три роки цей показник залишається стабільним, чого не можна сказати про Черкаську, Сумську, Запорізьку та Житомирську області, в яких за попередні три роки спостерігається зниження обсягу інвестицій [3].

Таблиця 1 – Обсяги прямих іноземних інвестицій (акціонерний капітал) у регіональному розрізі за 2013-2014 рр.

Регіон	Обсяги інвестицій, млн дол. США		
	01.01.2013	01.01.2014	01.01.2015
1	2	3	4
Україна	54462,4	57056,4	45916
Вінницька	1245,4	309,4	250,9
Волинська	361,2	341,3	271,8
Дніпропетровська	8351,8	9064	7758,7
Донецька	2981,6	3602,5	2550,4
Житомирська	363,8	388,7	286
Закарпатська	407,2	437,5	376,6
Запорізька	1144,2	1125,4	885,2
Івано-Франківська	642,5	813,8	925,9
Київська	1927,7	1988,5	1653,8
Кіровоградська	103,7	158,5	84,7
Луганська	838,5	879,1	671,1
Львівська	1 634,8	1 701,4	1 374,9
Миколаївська	259,9	282,8	232,6

Продовження табл. 1

1	2	3	4
Одеська	1 629,5	1 671,7	1 432,5
Полтавська	942,8	1065,6	1029,1
Рівненська	296,9	313,4	269,3
Сумська	374,4	422,7	264,7
Тернопільська	64,6	68,9	56,4
Харківська	2 170,4	2 131,9	1 726
Херсонська	245,2	275,2	210,4
Хмельницька	208,6	224,5	189,2
Черкаська	884,1	887,9	510,4
Чернівецька	64,3	80,2	68,7
Чернігівська	105,3	128,4	103,8

Однією із форм інвестиційної діяльності, що здійснюється з метою впровадження досягнень науково-технічного прогресу у виробництво і соціальну сферу, є інноваційна діяльність [2]. Так, аналіз звітних та прогнозованих даних (рис. 3) щодо кількості інноваційно активних підприємств і тих, що впроваджували інновації, показує, що інноваційна активність підприємств у 2014 році значно підвищилася порівняно із попередніми роками, проте отримані в результаті прогнозування дані свідчать про уповільнення у майбутньому відповідних тенденцій зростання. Одним із факторів такого уповільнення є зменшення фінансування інноваційної діяльності з 14 333,9 млн грн у 2011 році до 9 562,6 млн грн та 7 695,9 млн грн у 2013 та 2014 роках відповідно. Основним джерелом фінансування технологічних інновацій у 2014 році залишаються, як і в попередні роки, власні кошти підприємства, що становлять 85% від загального фінансування (6540,3 млн грн).

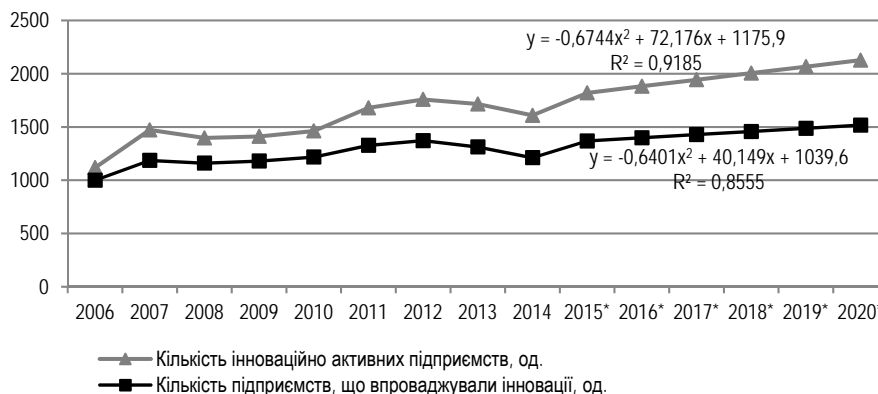


Рисунок 3 – Динаміка фактичних та прогнозованих показників кількості інноваційно-активних підприємств, од., 2006-2020 рр. ([3]; * – прогнозні показники розроблено авторами)

Інвестиційні процеси в Сумській області повною мірою відображають загальнодержавну тенденцію. Більша частка загального обсягу прямих інвестицій як на рівні країни, так і на рівні Сумської області припадає на країни-інвестори, такі як: Кіпр, Нідерланди, Російська Федерація, Велика Британія, Франція, Віргінські острови, Азербайджан. Результати аналізу наведені на рис. 4 [4]. Усього станом на 01.01.2015 р. загальний обсяг прямих іноземних інвестицій становив 264,7 млн дол. США в Сумську область, що менше на 158 млн дол. від попереднього періоду та на 109,7 млн дол. від аналогічного періоду 2013 р. [4]. Треба відмітити, що зниження обсягів інвестицій передусім пов'язано з нестабільним політичним становищем у країні.

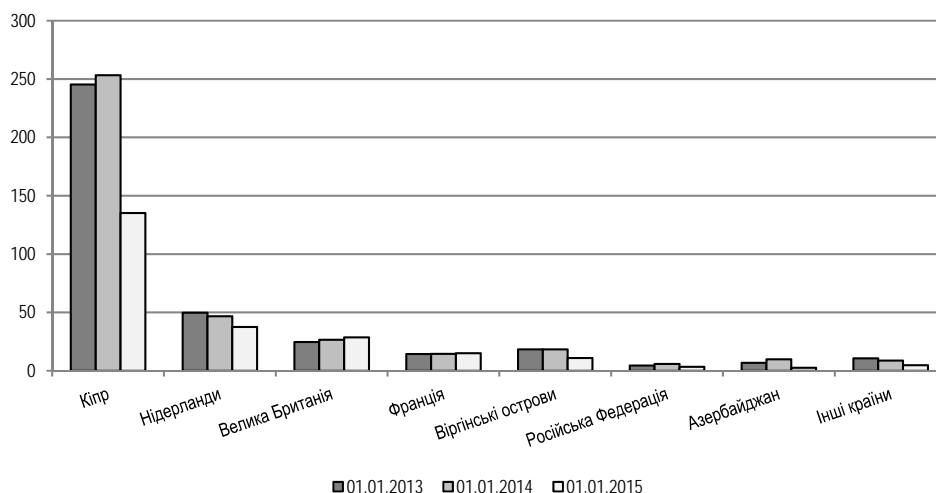


Рисунок 4 – Розподіл прямих іноземних інвестицій (акціонерного капіталу) у Сумській області за основними країнами-інвесторами за 2012-2014 рр.

Отже, через глобальну та регіональну нестабільність сучасні інвестиційні процеси в Україні далекі від оптимальних, інвестиційний клімат продовжує залишатися несприятливим, що змушує іноземних інвесторів здійснювати обережну політику у сфері інвестиційного співробітництва з Україною, а відтак породжує дефіцит фінансових ресурсів, що призводить до загострення конкуренції між суб'єктами економічної системи.

Безумовно, розкриття принципових особливостей процесів та оцінювання впливу параметрів на стан економічної системи неможливе без системного підходу до аналізу, що враховує синергетику різних компонентів трансформацій сучасного соціально-економічного простору. Синергетичний підхід визначає як аксіому неможливість повного опису адекватними термінами поведінки складної системи та процесу її розвитку [5]. Проте він дозволяє окреслити детермінованість, загальні та специфічні закономірності, принципи та особливості динаміки економічної системи. Таким чином, використання синергетичних моделей при описі інвестиційних процесів створює можливість вивчення траєкторії змін економічної системи при різних значеннях вхідних параметрів та знаходження оптимального вирішення проблем.

Рівняння Лотки-Вольтерри є математичним описом дарвінського принципу боротьби за існування, також відомі як нелінійні диференціальні рівняння «хижак – жертва» першого порядку [6]. Дарвін був прихильником ідей Мальтуса, поширюючи їх на все живе [6]: у природі відбувається боротьба за життя, боротьба за існування, в якій гірший і найслабший організм гине першим, а перемагають більш розвинені форми, більш здорові та пристосовані. Саме ці особини продовжують рід та розвиток. Організми швидше адаптуються до умов довкілля, якщо подібні випадки боротьби повторюються через деякі проміжки часу. Аналогічні процеси відбуваються і в економічних системах. Так, наприклад, сектори економіки конкурують за інвестиційні ресурси, дотації з боку держави тощо. При цьому виживає більш конкурентоспроможний суб'єкт господарювання ринкової економіки. Треба відмітити, що ті суб'єкти господарювання, що швидко адаптуються та змінюються відповідно до змін довкілля, є найбільш конкурентоспроможними та виживають у сучасних ринкових умовах.

Система рівнянь, що описують взаємодію, може бути виражена як [7-9]:

$$\frac{dN}{dt} = a_n N - b_n N^2 \pm c_{nm} NM, \quad (1)$$

$$\frac{dM}{dT} = a_m M - b_m M^2 \pm c_{mn} MN. \quad (2)$$

У рівняннях (1), (2) $M(t)$ і $N(t)$ є різними суб'єктами економічної системи, що конкурують між собою на ринку фінансових ресурсів для забезпечення інноваційної діяльності. Знаки коефіцієнтів констант $a_n, a_m, b_n, b_m, c_{nm}, c_{mn}$ свідчать про режим конкуренції. Два додатних знаки коефіцієнтів свідчать про симбіотичні взаємодії, два від'ємних знаки свідчать про гальмування динаміки інноваційної діяльності (ресурси, законодавство тощо), один додатний і один від'ємний знак свідчать про взаємодію «хижак – жертва».

У пропонуваній роботі у рамках синергетичного підходу досліджується характеристика змін інвестиційних процесів на регіональному рівні на прикладі Сумської області. За результатами аналізу структури залучених інвестицій у Сумську область [4] станом на 01.12.2014 р. (рис. 5) беремо до уваги сім основних секторів, на які припадає майже 90% інвестицій від загального обсягу, при цьому до восьмого сектору віднесемо всі останні сектори, що не увійшли до семи основних.

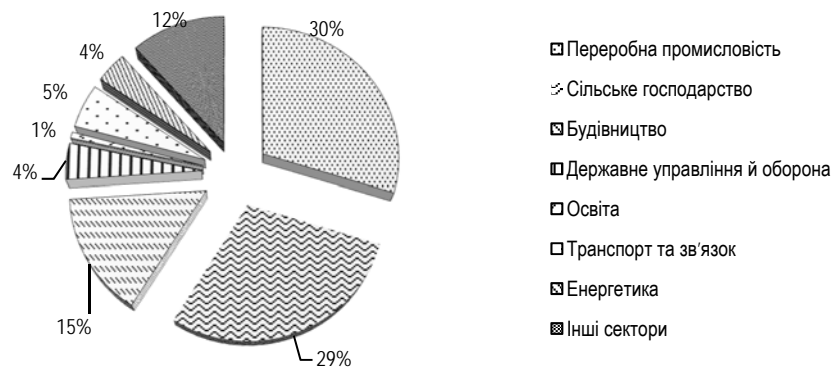


Рисунок 5 – Галузева спрямованість фактично залучених інвестицій станом на 01.12.2014 р.

Тоді дані для калібрування восьмивимірної моделі конкурентних взаємодій наведені у табл. 2.

Таблиця 2 – Координати початкової та кінцевої фазових точок у восьмивимірному просторі значень залучених інвестицій

Сектор народного господарства м. Сум	Фактично залучені інвестиції на 01.12.2010 р.		Фактично залучені інвестиції на 01.12.2014 р.	
	%	абс. значення, тис. грн	%	абс. значення, тис. грн
1. Переробна промисловість	26,08	$x_1 = 570\ 585$	29,76	$x_{1k} = 832\ 744$
2. Сільське господарство	14,94	$x_2 = 326\ 848$	29,12	$x_{2k} = 814\ 875$
3. Будівництво	21,34	$x_3 = 466\ 810$	15,08	$x_{3k} = 422\ 054$
4. Державне управління й оборона	12,38	$x_4 = 270\ 814$	4,44	$x_{4k} = 124\ 257$
5. Освіта	8,56	$x_5 = 187\ 316$	0,74	$x_{5k} = 20\ 614$
6. Транспорт та зв'язок	1,36	$x_6 = 29\ 785$	5,43	$x_{6k} = 151\ 816$
7. Енергетика	5,11	$x_7 = 111\ 783$	3,85	$x_{7k} = 107\ 819$
8. Інші сектори	10,23	$x_8 = 223\ 686$	11,58	$x_{8k} = 323\ 915$
Всього	100,00	2 187 627	100,00	2 798 094

Враховуючи вищезазначене, запишемо стохастичне диференціальне рівняння (1) та (2) для учасників інноваційного процесу:

$$\frac{dx_i}{dt} = \alpha_i x_i - \beta_{ii} x_i^2 - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \gamma_{ij} x_i x_j, \quad i = \overline{1, n}, \quad (3)$$

де x_i – обсяг фактично залучених інвестицій у грошових одиницях i -ї галузі; α_i – коефіцієнти галузевої інвестиційної привабливості; $\beta_{ii} x_i^2$ – зниження швидкості надходжень інвестицій, який пов'язане з обмеженістю інвестиційних ресурсів, розподілом між іншими галузями тощо; γ_{ij} – коефіцієнт конкуренції між i -ю та j -ю галузями; $\gamma_{ij} x_i x_j$, ($i \neq j$) – зниження швидкості надходжень інвестицій.

Таким чином, початкове рівняння для досліджуваної моделі характеристики змін інноваційного процесу запишемо у вигляді базової моделі (3) для випадку $n = 8$:

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = \alpha_1 x_1 - \beta_1 x_1^2 - \gamma_{12} x_1 x_2 - \gamma_{13} x_1 x_3 - \gamma_{14} x_1 x_4 - \gamma_{15} x_1 x_5 - \gamma_{16} x_1 x_6 - \gamma_{17} x_1 x_7 - \gamma_{18} x_1 x_8, \\ \frac{dx_2}{dt} = \alpha_2 x_2 - \beta_2 x_2^2 - \gamma_{21} x_2 x_1 - \gamma_{23} x_2 x_3 - \gamma_{24} x_2 x_4 - \gamma_{25} x_2 x_5 - \gamma_{26} x_2 x_6 - \gamma_{27} x_2 x_7 - \gamma_{28} x_2 x_8, \\ \vdots \\ \frac{dx_8}{dt} = \alpha_8 x_8 - \beta_8 x_8^2 - \gamma_{81} x_8 x_1 - \gamma_{82} x_8 x_2 - \gamma_{83} x_8 x_3 - \gamma_{84} x_8 x_4 - \gamma_{85} x_8 x_5 - \gamma_{86} x_8 x_6 - \gamma_{87} x_8 x_7. \end{cases} \quad (4)$$

Щодо системи (4) потрібно знайти значення її параметрів. Це дозволяє за відомими часовими рядами функціонування системи обчислити будь-яку характеристику галузі у довільний момент часу, тобто визначити коефіцієнти стимулювання та гальмування розвитку динаміки інноваційних процесів системи. З теорії динамічних систем система диференціальних рівнянь (4) має дві стаціонарні точки, одна з яких із нестійким вузлом із координатами, що дорівнюють нулю. Координати іншої стійкої точки можна знайти із системи лінійних алгебраїчних рівнянь:

$$\beta_{ii} x_i + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \gamma_{ij} x_i x_j = \alpha_i, \quad i = \overline{1, n}, \quad (5)$$

Система (5) отримана із системи рівнянь (4) при $\frac{dx_i}{dt} = 0$. Ця точка визначається точкою перетину n з гіперплосчин у фазовому просторі.

Задача визначення параметрів моделі (4) буде розв'язана, якщо за динамікою реальних даних – часових статистичних рядів економічних показників – вдасться знайти коефіцієнти системи (5). Для параметризації моделі (4) можна побудувати нелінійну багатofакторну математична модель

$$\Delta x_i = \alpha_i x_i - \beta_{ii} x_i^2 - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \gamma_{ij} x_i x_j, \quad \Delta x_i = x_i(t+1) - x_i(t), \quad i = \overline{1, n}. \quad (6)$$

Для цього за конкретною статистичною вибіркою $\{(x_i(t), y_i(t), t), i = \overline{1, k}\}$ обсягом k потрібно знайти такі значення оцінок невідомих параметрів $\alpha_i, \beta_{ii}, \gamma_{ij}$, для яких побудована математична модель найкраще б описувала динамічні зміни. Для цього використовуємо функціонал методу найменших квадратів

$$F(\alpha_i, \beta_{ii}, \gamma_{ij}) = \sum_{i=1}^n (\Delta x_i - \Delta \hat{x}_i)^2, \quad i = \overline{1, n}, \quad (7)$$

де ΔX_i – значення нелінійного рівняння регресії (7) з коефіцієнтами $a_i, \beta_{ij}, \gamma_{ij}$ за x_i та y_i . Значення цих коефіцієнтів, за яких досягається мінімум функціонала (5) береться як оцінки для $a_i, \beta_{ij}, \gamma_{ij}$. Модель (6) буде більш точно описувати динамічні зміни у випадку обчислення приростів Δx_i за досить малих проміжків часу Δt_i .

Для розв'язання задачі безумовної (або умовної) мінімізації використовуємо програму MS Excel із використанням команди Solver (Поиск решения).

Оскільки найбільша питома вага інвестицій припадає на три галузі: будівництво; сільське господарство; переробна промисловість, то з метою спрощення візуалізації результатів використання синергетичної моделі використовуються вихідні дані лише за цими галузями. Змодельовані дані динаміки інвестиційних процесів у Сумській області подані на рис. 6.

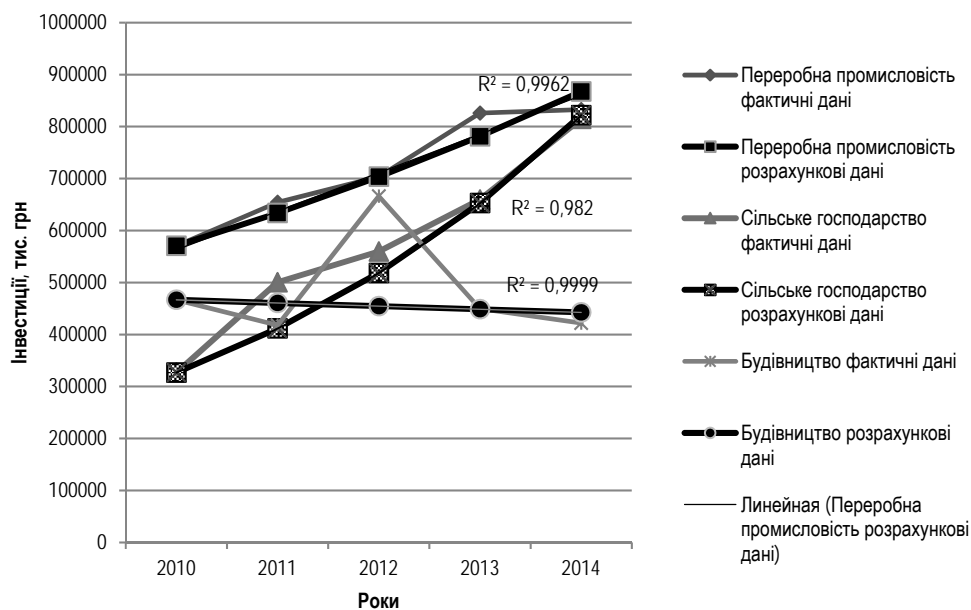


Рисунок 6 – Фактичні та розраховані за допомогою моделі Лотки-Вольтерри значення залучених інвестицій

Як бачимо з рис. 6, наведені розрахунки за допомогою моделі Лотки-Вольтерри відповідають значенням основних економічних показників, що відображають характеристику змін інвестиційних процесів в економічній системі, це дозволяє зробити висновок про обґрунтованість і достовірність запропонованого у праці підходу до оцінювання факторів стимулювання і гальмування інвестиційних процесів на підставі статистичної інформації.

Висновки. Результати проведеного аналізу динаміки прямих іноземних інвестицій за основними видами економічної діяльності в Україні за 2013-2014 рр. засвідчили, що основними сферами економічної діяльності в які спрямовано інвестиції в Україну, є: промислові підприємства – 30,6% від загального обсягу прямих інвестицій в Україну та фінансові установи – 27,3%, при цьому обсяг інвестицій у сільське господарства майже в 24 рази менше від обсягу інвестицій у промисловість. Події останніх років істотно вплинули на спадну тенденцію приросту прямих іноземних інвестицій в Україну і трансформували зовнішньоекономічну діяльність нашої

держави. Зокрема інвестиції, що надійшли в Україну від іноземних інвесторів, загалом залучені в кожному регіоні країни, проте Черкаська, Сумська, Запорізька та Житомирська області за попередні три роки демонструють спадну тенденцію цього показника. Так, обсяг прямих іноземних інвестицій у Сумську область у 2015 р. зменшився на 158 млн дол. порівняно із попереднім періодом та на 109,7млн дол. порівняно з аналогічним періодом 2013 р.

Аналіз звітних та прогнозованих даних щодо кількості інноваційно активних підприємств і тих що впроваджували інновації, показує, що інноваційна активність підприємств у 2014 році значно підвищилася порівняно з попередніми роками, проте отримані в результаті прогнозування дані свідчать про уповільнення у майбутньому відповідних тенденцій зростання. Одним із факторів такого уповільнення є зменшення фінансування інноваційної діяльності, оскільки основним джерелом фінансування технологічних інновацій у 2014 році залишаються, як і в попередні роки, власні кошти підприємства, що становлять 85% від загального фінансування (6540,3 млн грн). Такі тенденції характерні і для регіонального рівня.

У рамках синергетичного підходу розглянуто конкурентну економічну модель типу Лотки-Вольтерри, яка дозволяє описати основні фактори, що впливають на інвестиційні процеси в економічних системах регіонального рівня, на прикладі Сумської області. Виявлено, що основними галузями Сумської області, в які спрямовується найбільша питома вага інвестицій, є: будівництво; сільське господарство; переробна промисловість. Розраховані на цій основі рівняння конкурентної взаємодії суб'єктів господарювання щодо інвестиційних ресурсів відповідають значенням основних економічних показників, що відображають характеристику змін інвестиційних процесів в економічній системі, це дозволяє зробити висновок про обґрунтованість та достовірність запропонованого у роботі підходу до оцінювання факторів стимулювання і гальмування інвестиційних процесів на підставі статистичної інформації. При цьому на відміну від класичних економічних моделей конкуренції конкурентна економічна модель Лотки-Вольтерри дозволяє розглянути процес у часі і подати його у вигляді наочного графіка. Завдяки цьому одночасне використання запропонованих рівнянь та інших методів може дозволити виявляти основні закономірності і тренди конкурентної взаємодії, моделювати взаємодії інвестиційних суб'єктів через вхідні параметри, оцінювати конкурентну силу контрагента.

Подальші дослідження спрямовані на визначення керуючих параметрів усіх галузей Сумської області з використанням програми Tomlab PROPT.

1. Кудряшов В.П. Курс фінансів : навч. посіб. / В.П. Кудряшов. – К. : Знання, 2008. – 431 с.
2. Закон України «Про інвестиційну діяльність» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1560-12>.
3. Офіційний сайт Державної служби статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.
4. Головне управління статистики у Сумській області [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://sumy.ukrstat.gov.ua/index.php>.
5. Занг В.Б. Синергетическая экономика. Время и перемены в нелинейной экономической теории / В.Б. Занг. – М. : Мир, 1999. – 335 с.
6. Трубецков Д.И. Феномен математической модели Лотки-Вольтерры и сходных с ней / Д.И. Трубецков // Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика. – 2011. – Т. 19, № 2. – С. 69-88.
7. Caroll G.R. Dynamics of Organizational Expansion in National Systems of Education / G.R. Caroll // American Sociological Review. – 1981. – Vol. 46. – P.161-178.
8. Вольтерра В. Математическая теория борьбы за существование (Theorie mathematique dela lutter pour la vie, 1931) / пер. с франц. под. ред. Ю.М. Свирижева. – М. : Наука, 1976. – 286 с.
9. Алілуйко А.М. Дослідження конкурентної взаємодії на ринку послуг мобільного зв'язку / А.М. Алілуйко // Інноваційна економіка. – 2013. – № 2. – С. 221-226.
10. Амоша О.І. Проблеми інвестування реструктуризації промисловості України до 2010 року / О.І. Амоша // Матеріали наукової конференції. – К. : Укр. ІНТЕІ. – 1999. – С. 59-62.
11. Бажал Ю. Розвиток національної інноваційної системи як складової українського інформаційного суспільства /

О.В. Люлюев, Т.В. Пимоненко. Модель Лотки-Вольтерри як інструмент аналізу стійкості інвестиційних та інноваційних процесів

Ю. Бажал // Інформаційне Суспільство. Шлях України / Фонд «Інформаційне Суспільство України». – К. : Фонд «Інформаційне Суспільство України», 2004. – С. 87-93.

12. Фундаментальні основи формування механізмів забезпечення інноваційного розвитку економічних систем. Порівняльний аналіз національних моделей формування механізмів забезпечення інноваційного розвитку у країнах світу : звіт про НДР (проміжний) / кер. С.М. Ілляшенко. – Суми : СумДУ, 2011. – 316 с.

13. Герасимчук З.В. Проблеми та перспективи становлення інноваційного потенціалу в регіонах України / З.В. Герасимчук, Н.С. Куцай // Регіональна економіка. – 2010. – № 1. – С. 48-52.

14. Данилишин Б.М. Інвестиційна політика в Україні : монографія / Б.М. Данилишин, М.Х. Корецький, О.І. Дацій. – Донецьк : Юго-Восток, Лтд, 2006. – 292 с.

15. Дейнеко Л.В. Інноваційний розвиток харчової промисловості України [Електронний ресурс] / Л.В. Дейнеко. – Режим доступу: http://naukain-form.kpi.ua/Lists/Istor_nauka_naukoznavstvo/Attachments/22/19-009%20Block.pdf.

16. Кузьмін О.Є Стан застосування соціально-економічних важелів для забезпечення полівекторного розвитку промислових підприємств в Україні / О.Є Кузьмін, А.М. Дідик // Problems of Economy. – 2016. – № 2. – Р. 102-109.

1. Kudriashov, V.P. (2008). *Kurs finansiv [Finance course]*. Kyiv: Znannia [in Ukrainian].
2. Zakon Ukrainy «Pro investytsiynu diialnist» [The Law of Ukraine «On investment activity»]. (n.d.). [zakon.rada.gov.ua](http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1560-12). Retrieved from <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1560-12> [in Ukrainian].

3. Ofitsiyniy sait Derzhavnoi sluzhby statystyky Ukrainy [Site of State Statistics Service of Ukraine]. ukrstat.gov.ua. Retrieved from <http://www.ukrstat.gov.ua/> [in Ukrainian].

4. Holovne upravlinnia statystyky u Sumskii oblasti [Site of Department of Statistics in the Sumy region]. sumy.ukrstat.gov.ua. Retrieved from <http://sumy.ukrstat.gov.ua/index.php> [in Ukrainian].

5. Zang, V.B. (1999). *Sinergicheskaya ekonomika. vremia i peremeny v nelineinoi ekonomicheskoi teorii [Synergetic Economics]*. Moscow: Mir [in Russian].

6. Trubetskoy, D.Y. (2011). Fenomen matematicheskoy modeli Lotki-Volterra i srodnyy s nej [Phenomenon of Lotka-Volterra mathematical model and similar models]. *Izvestia vysshikh uchebnykh zavedenii. prikladnaia nelineinaia dinamika – Izvestia VUZov. Applied Nonlinear Dynamics*, 19(2), 69-88 [in Russian].

7. Carroll, G.R. (1981). Dynamics of Organizational Expansion in National Systems of Education. *American Sociological Review*, 46, 161-178 [in English].

8. Volterra, V. (1976). *Matematicheskaya teoriya borby za sushchestvovanie [The mathematical theory of the struggle for existence]*. Moscow: Nauka [in Russian].

9. Alluiko, A.M. (2013). Doslidzhennia konkurentnoi vzaiemodii na rynku posluh mobilnogo зв'язku [Study of competitive interaction of the mobile communications service market]. *Innovatsiina ekonomika – Innovative Economy*, 2, 221-226 [in Ukrainian].

10. Amosha, O. (1999). Problemy investuvannia restrukturyzatsii promyslovosti Ukrainy do 2010 roku [Problems of industrial restructuring investment to Ukraine 2010]. *Materialy naukovoï konferentsii –Materials Conference*, 59-62 [in Ukrainian].

11. Bazhal, Yu. (2004). Rozvytok natsionalnoi innovatsiinoï systemy yak skladovoi ukrainskoho informatsiinoho suspilstva [Development of the national innovation system as part of the information society Ukrainian]. *Informatsiine Suspilstvo. Shliakh Ukrainy – Information Society. The way of Ukraine*. Kyiv: Foundation «Information Society of Ukraine», 87-93 [in Ukrainian].

12. Ilyashenko, S.M. (2011). Fundamentalni osnovy formuvannia mekhanizmiv zabezpechennia innovatsiinoho rozvytku ekonomichnykh system. Porivnialnyi analiz natsionalnykh modelei formuvannia mekhanizmiv zabezpechennia innovatsiinoho rozvytku u krainakh svitu [The fundamental basis for the formation mechanisms of innovation development of economic systems. Comparative analysis of national models of formation mechanisms of innovation development in the world]. *Zvit – Report*. Sumy: Sumy State University [in Ukrainian].

13. Gerasymchuk, Z.V., & Kutsan, N.S. (2010). Problemy ta perspektivy stanovlennia innovatsiinoho potentsialu v rehionakh Ukrainy [Problems and prospects of innovative potential in regions Ukraine]. *Rehionalna ekonomika – Regional Economics*, 1, 48-52 [in Ukrainian].

14. Danylyshyn, B.M., Koretsky, M.H., & Datsii, O.I. (2006). *Investytsiina polityka v Ukraini [Investment policy in Ukraine]*. Donetsk [in Ukrainian].

15. Deineko, L.V. (n.d.). Innovatsiinyi rozvytok kharchovoi promyslovosti Ukrainy [Innovative development of food industry of Ukraine]. <http://naukain-form.kpi.ua>. Retrieved from http://naukain-form.kpi.ua/Lists/Istor_nauka_naukoznavstvo/Attachments/22/19-009%20Block.pdf [in Ukrainian].

16. Kuzmin, O., & Didyk, A. (2016). Stan zastosuвання sotsialno-ekonomichnykh vazheliv dlia zabezpechennia polivektornoho rozvytku promyslovykh pidpriemstv v Ukraini [The state of application of socio-economic tools to ensure multi-vector development of industrial enterprises in Ukraine]. *Problems of Economy*, 2, 102-109 [in Ukrainian].

А.В. Люлюев, канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры экономики и бизнес-администрирования, Сумский государственный университет (г. Сумы, Украина);

Т.В. Пимоненко, канд. экон. наук, ст. преподаватель кафедры экономики и бизнес-администрирования, Сумский государственный университет (г. Сумы, Украина)

Модель Лотки-Вольтерры как инструмент анализа устойчивости инвестиционных и инновационных процессов

Статья посвящена исследованию проблем, связанных с анализом устойчивости инвестиционных и инновационных процессов экономических систем. Проведен анализ основных статистических показателей, отражающих инвестиционное и инновационное развитие Украины и Сумской области в частности. Выявлены основные факторы, препятствующие активизации инновационных процессов. Рассмотрена модель, позволяющая описать основные факторы, влияющие на инвестиционные процессы в экономических системах регионального уровня, на примере Сумской области для выявления существенных закономерностей конкуренции в экономической системе, а также для моделирования взаимодействия на рынке, используя предложенные параметры модели.

Ключевые слова: анализ, динамическая модель, инвестиции, инновации, система.

O.V. Lyulyov, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economics and Business Administration, Sumy State University (Sumy, Ukraine);

T.V. Pimonenko, Candidate of Economic Sciences, Senior Lecture of the Department of Economics and Business Administration, Sumy State University (Sumy, Ukraine)

Lotka-Volterra model as an instrument of the investment and innovative processes stability analysis

The aim of the article. The aim of the article is to change investment processes in the economic system, to define impact factors on investment resources distribution, and also their estimation owing to Lotka-Volterra synergetic model.

The results of the analysis. Modern tendencies of the native economy development, political unsteadiness, imperfection of the legislative base precondition decrease of the investment and innovative processes in country. The conducted analysis of the main statistic factors, which reflect investment and innovative development in Ukraine and Sumy district, showed unsteadiness in modern investment processes. Investment climate continues to be negative. Thus, it makes foreign investors to carry out careful policy in sphere of the investment cooperation with Ukraine, and so it causes shortage of the financial resources, leading to the business struggle between economic system subjects.

The work grounds necessity to use systematic approach to analysis, which considers synergy of various components in transformations of the modern social and economic environment. Synergetic approach defines impossibility of the full description by adequate behavior terms in the complicated system and its development process, as axiom. However it lets to outline determinancy, general and specific regularities, principals and peculiarities of the economic system dynamics. Thus, synergetic models use in investment processes description creates possibility to study economic system changes path with different values of incoming parameters and to find optimal decisions for problems.

In order to find principal peculiarities in processes and to estimate impact parameters on economic system state, the Lotka-Volterra model is observed, that allows to describe main factors, influencing the investment processes in economic systems of the regional level, on example of Sumy district, to reveal essential regularities in business struggle in economic system, and also to model interconnection at the market through the suggested model parameters.

Conclusions and directions of further researches. The model is observed, that allows to describe main factors, influencing the investment processes in economic systems of the regional level is qualitative, and makes a claim to describe accurate quantitative image of the processes, which take place in economic system. However, simultaneous use of the suggested equations and other methods allow to use Lotka-Volterra model to reveal essential regularities in the business struggle in the economic system, and also to model interconnection at the market through the suggested parameters in the model.

Keywords: analysis, dynamic model, investments, innovations, system.

Отримано 03.10.2016 р.