

МОДЕЛЮВАННЯ ПОТОКІВ ІНВЕСТИЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ЕКОНОФІЗИКИ

ВІТЛІНСЬКИЙ В. В.

доктор економічних наук

КИЇВ

МАХАНЕЦЬ Л. Л.

кандидат економічних наук

ВІННИЧУК О. Ю.

кандидат економічних наук

ЧЕРНІВЦІ

Міждисциплінарні дослідження, що проводяться на перетині різних наук, дозволяють сформулювати нові методи аналізу, побачити стан конкретної науки з точки зору іншої сфери знань. На початку 1990-х років застосування методів фізики для вивчення економічних явищ привело до формування нового наукового напрямку, що одержав назву «Еконофізика».

На даний час, використання еконофізики полягає у спробі визначити місце аналогів у процесі дослідження економічної діяльності, виявити специфіку законів економіки та врахувати специфіку стосовно їхнього застосування до аналізованої системи. Одним із напрямків застосування інструментарію еконофізики виступають: дослідження динаміки прибутковості цінних паперів, а також розподіл багатства і доходів у суспільстві за допомогою аналогів, запозичених з методів статистичної фізики; застосування аналогів моделей квантової механіки для вивчення взаємодії економічних агентів (за аналогією із взаємодією елементарних частинок) [1].

Можливість використання моделей запозичених із фізики у вивченні проблем економіки розглядається в багатьох працях учених, зокрема в [2, 3]. Серед них ви-

різняються своїм концептуальним підходом праці доктора технічних наук Панченкова О. М. [4]. Він пропонує використовувати у дослідженні економіки не лише поняття запозичені з статистичної фізики, але й з класичної механіки, зокрема поняття імпульсу.

Зазначимо, що імпульс (кількість руху) – міра механічного руху – це векторна величина, яка в класичній механіці є добутком маси матеріальної точки (m) на її швидкість (v) і спрямована так само, як вектор швидкості:

$$\vec{p} = m\vec{v}.$$

Повним імпульсом системи матеріальних точок називається векторна величина, що дорівнює сумі добутків мас матеріальних точок на їх швидкості:

$$\vec{p} = \sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i.$$

Закон збереження імпульсу стверджує, що геометрична сума імпульсів усіх тіл (або часток) замкнутої системи є постійною величиною. Використовуючи закони Ньютона легко довести, що при русі в порожньому просторі імпульс зберігається в часі, а за наявності взаємодії швидкість його зміни визначається результируючою сумою прикладених сил, тобто закон збереження імпульсу є наслідком законів Ньютона. Як і будь-який із фундаментальних законів збереження, закон збереження імпульсу описує одну з фундаментальних симетрій, – однорідність простору. Поняття імпульсу, за аналогією, можна використати до грошового обігу в економіці, тобто руху грошей у внутрішньому економічному обігу і в структурі зовнішньоекономічних зв'язків країни у готівковій та безготівковій формі, що обслуговує обіг товарів (послуг) і нетоварні розрахунки. Грошовий обіг як економічне явище відображає основні сутнісні

характеристики грошей, механізми і способи використання грошей для сприяння економічному і соціальному розвитку країни.

Грошовий обіг активно впливає на функціонування національної економіки, зокрема:

– забезпечує налагодженість господарського обороту і платіжно-розрахункової системи. У разі невиконання грошовим обігом даної функції сповільнюється, скорочується товарно-грошовий обіг, ростуть неплатежі;

– здійснює балансування попиту і пропозиції на товарному ринку. У ефективному здійсненні функцій грошового обігу найважливіше значення має визначення раціонального обсягу грошової маси на національному ринку. При невиконанні даної функції грошового обігу в економіці можуть виникнути інфляційні явища або явища дефіциту товарної маси, порушення цінових пропорцій, натуралізація обміну (бартер, взаєморозрахунки);

– збалансований грошовий обіг забезпечує соціальну стабільність суспільства – своєчасну виплату заробітної плати, ефективне функціонування податкової системи, яка забезпечує стабільне фінансування соціальних статей бюджету (виплату пенсій, соціальних виплат, фінансування медичного обслуговування, освіти тощо). Невиконання даної функції грошового обороту тягне за собою відтік грошової маси в тіньову економіку, вивезення грошової маси за кордон, вихід з-під контролю уряду соціально-політичної ситуації в суспільстві.

Балансування грошового обігу здійснюється на основі відповідного закону [7]. Цей закон визначає основні чинники, котрі впливають на підтримку стійкості грошового обігу та товарно-грошову збалансованість в економіці.

Даний закон можна формально описати за допомогою математичної моделі кількісної теорії грошей, запропонованої американським економістом І. Фішером, яка трактує гроші як системотвірний елемент ринкового господарства. Відповідно до рівняння Фішера добуток обсягів грошової маси на швидкість обігу грошей дорівнює сумі добутку рівня цін та обсягів випущеного продукту:

$$MV = \sum_{i=1}^n P_i Q_i,$$

де M – кількість грошей в обігу; V – швидкість обігу грошей; P_i – рівень цін i -го товару; Q_i – кількість i -го товару, n – номенклатура товарів.

Тобто, добуток рівня цін і кількості товару можна інтерпретувати як категорію, що відповідає поняттю «імпульс».

На нашу думку, поняття імпульсу можна використовувати в економіці більш широко, тобто не тільки для кількісного оцінювання грошового потоку, а й для кількісного оцінювання інвестиційного потоку. Поняття імпульсу також можна використовувати для аналізу ступеня ризику, яким обтяжений процес інвестування.

Інвестиційна діяльність в усіх формах і видах пов'язана з ризиком. Інвестиції, зазвичай, це вкладення грошових коштів у відповідний проект (бізнес

план) з метою одержання через деякий час прибутку. Інвестиційний проект передбачає планування в часі трьох основних грошових потоків: потоку інвестицій, потоку поточних (операційних) платежів і потоку надходжень. Ні потік поточних платежів, ні потік надходжень не можуть бути сплановані точно, оскільки немає і не може бути повної визначеності щодо майбутнього стану ринку.

Інформаційна невизначеність призводить до ризику, котрим обтяжене прийняття інвестиційних рішень. Водночас інвестор ніколи не зможе володіти абсолютно точною оцінкою обсягів майбутніх фінансових потоків, оскільки множина можливих майбутніх станів зовнішнього середовища завжди перевищує управлінські можливості особи, котра приймає рішення стосовно їх ідентифікації та кількісного оцінювання і обов'язково знайдеться мало очікуваний сценарій розвитку подій (будь-яка катастрофа, наприклад). Але інвестор зобов'язаний докладати зусилля щодо підвищення рівня своєї поінформованості і намагатися вимірювати ризикованість своїх інвестиційних рішень як на стадії розробки проекту, так і у втіленні інвестиційних заходів.

Одним із показників інвестиційного ризику є помилки (неточність) прогнозу. Крім того, інвестиційний ризик оцінюють враховуючи такі показники ступеня ризику, які пов'язані з поняттям ефекту та ефективності інвестиційних проектів, зокрема, таких як середньоквадратичне відхилення NPV, IRR, терміну окупності тощо. Термін окупності залежить від швидкості грошового потоку [5]. Чим вища швидкість, тим менший термін окупності і, навпаки, чим більший термін окупності, тим менша швидкість. Отже, можна стверджувати, що швидкість потоку віддачі від інвестицій суттєво впливає на ряд із показників кількісного оцінювання ризику інвестування.

Одним із способів зменшення невизначеності щодо потоку надходжень грошей певного інвестованого об'єкта може служити розглянутий вище закон збереження імпульсу.

Вкладення грошових коштів (потік інвестицій) можна розглядати як потік грошей, який, маючи свою масу і швидкість, а також має й імпульс. Імпульс, зокрема, може характеризувати виробництво певної кількості товару, в широкому сенсі цього поняття. Із закону збереження імпульсу, виникає другий потік – потік віддачі від інвестицій (потік надходжень).

Маси цих потоків та їхні і швидкість різні. Маса першого потоку, зазвичай, менша, а швидкість більша. Другий потік має більшу масу (раціональність інвестицій) і меншу швидкість. Оскільки закон збереження імпульсу стверджує, що імпульс – величина постійна в досліджуваній системі, то можна розрахувати масу потоку віддачі від інвестицій, виходячи з відомої маси потоку інвестицій (гроші, які вкладаються в проект) і розрахованої, як показано вище, їх швидкості. Далі можна оцінити величину імпульсу в даній системі. Обчисливши швидкість потоку віддачі інвестицій (зокрема виходячи з прогнозованого терміну окупності), легко оцінити майбутній потік надходжень.

Проілюструємо наші твердження на прикладі. Розглянемо прямі інвестиції в Україну та з України

за період з 1995 по 2010 рр [6]. Статистичні дані подані в табл. 1.

Таблиця 1
Динаміка інвестицій, млн дол. США

Дата	Прямі іноземні інвестиції в економіку України	Прямі інвестиції з економіки України
01.01.1995	483,5	20,3
01.01.1996	896,9	84,1
01.01.1997	1 438,2	97,4
01.01.1998	2 063,6	127,5
01.01.1999	2 810,7	97,5
01.01.2000	3 281,8	98,5
01.01.2001	3 875,0	170,3
01.01.2002	4 555,3	155,7
01.01.2003	5 471,8	144,3
01.01.2004	6 794,4	166,0
01.01.2005	9 047,0	198,6
01.01.2006	17 209,0	468,0
01.01.2007	23 125,0	344,0
01.01.2008	38 059,0	6 077,0
01.01.2009	46 997,0	7 005,0
01.01.2010	52 021,0	7 259,0

Введемо такі гіпотези. Обсяг інвестицій трактуватимемо і позначимо як грошову масу (m_1). Швидкість інвестицій трактуватимемо як похідну по часу функції зміни грошового потоку інвестицій у часі: $I = f(t)$.

На основі відповідних припущень залежність прямих іноземних інвестицій в Україну в часі найкраще описується багаточленом:

$$I_{in} = -0,208t^6 + 9,161t^5 - 149,3t^4 + 1148t^3 - 4288t^2 + 7660t - 4014, \quad (1)$$

де I_{in} – прямі іноземні інвестиції в Україну, t – номер періоду.

Розраховані на підґрунті моделювання та фактичні дані щодо інвестицій в економіку України графічно подані на рис. 1.

Як видно із рис. 1 побудована модель дає інформацію, котра досить добре збігається з фактичними даними. Обчислені показники якості моделі показують її адекватність (коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,98$, $F_{roz} > F_{tab}$) і значимість параметрів ($t_{roz} > t_{tab}$).

Отримавши аналітичний вираз функції, стає можливим проведення всебічного аналізу відповідного грошового потоку. Зокрема, якщо диференціювати дану функцію за часом, одержимо швидкість грошового потоку

$$v_{I_{in}} = I'_{in} = -1,248t^5 + 45,805t^4 - 597,2t^3 + 3444t^2 - 8576t + 7660 = v_1 \quad (2)$$

Згідно (1) і (2) можна обчислити масу потоку інвестицій та швидкість їх вливання в економіку України. Коли відома маса грошей і швидкість їх потоку можна розрахувати відповідний імпульс як добуток маси на швидкість: $p = m_1 v_1$. Результати обчислень представлені в табл. 2.

Для перевірки сформульованих тверджень, обчислимо масу прямих інвестицій з України (m_2), виходячи з закону збереження імпульсу $m_2 = p/v_2$ ($v_2 = v_{I_{out}}$ – швидкість потоку інвестицій з України) і перевіримо точність запропонованої моделі.

Швидкість потоку інвестицій з України можна обчислити аналогічно швидкості потоку інвестицій в Україну. Тобто, отримаємо, що залежність потоку інвестицій з України у часі описується таким поліномом:

$$I_{out} = 0,115t^6 + 5,509t^5 - 99,29t^4 + 851,2t^3 - 3562t^2 + 6632t - 3953, \quad (3)$$

а швидкість даного потоку знаходиться як

$$v_{I_{out}} = I'_{out} = -0,69t^5 + 27,545t^4 - 397,16t^3 + 2553,6t^2 - 7124t + 6632. \quad (4)$$

Скориставшись поняттям та моделлю швидкості грошового потоку (4) та законом збереження імпульсу можна обчислити масу грошового потоку інвестицій з Україною, виходячи з імпульсу. Результати представлені в табл. 3.

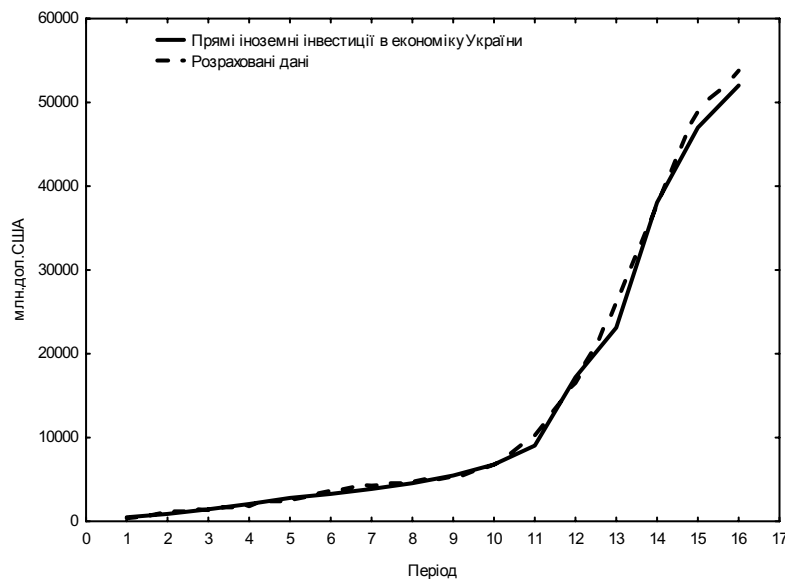


Рис. 1. Динаміка прямих іноземних інвестицій в економіку України (фактичні та змодельовані дані)

Таблиця 2

Імпульс прямих іноземних інвестицій в Україні

Період	m_1	v_1	p
1	365,653	1975,357	722295,2131
2	1229,04	199,344	245001,7498
3	1351,191	210,541	284481,1043
4	1798,096	687,328	1235881,727
5	2651,625	958,125	2540588,203
6	3584,688	851,632	3052835,011
7	4286,635	547,069	2345085,123
8	4738,896	424,416	2011263,285
9	5340,861	914,653	4885034,536
10	6886	2350	16182100
11	10388,223	4814,157	50010536,47
12	16758,48	7992,544	133942888,8
13	26331,601	11022,541	290241151,6
14	38243,376	12343,728	472065831,1
15	49657,875	9548,125	474139597,7
16	54845,008	-769,568	-42206963,12

Таблиця 3

Швидкість і маса потоку інвестицій з України

Період	v_2	m_2
1	15939,295	45,31538
2	28335,76	8,64638
3	42326,555	6,721102
4	56912,32	21,71554
5	71506,375	35,52953
6	85851,92	35,55931
7	99939,235	23,46511
8	113922,88	17,6546
9	128038,895	38,15274
10	142522	113,5411
11	157522,795	317,4813
12	173024,96	774,1247
13	188762,455	1537,6
14	204136,72	2312,498
15	218133,875	2173,617
16	229241,92	-184,115

Обчислений потік прямих інвестицій з економіки України (m_2) і фактичні дані наведено на рис. 2.

Як бачимо, до 13 періоду значних розбіжностей не було. Після 13 періоду однакова тенденція збері-

галась для порівнюваних рядів, однак мають місце певні розбіжності. Це можна пояснити, зокрема, певними похибками в статистичній звітності та різкою зміною стану світового ринку.

Обчислена середня абсолютна похибка у відсотках ($MAPE$) вказує на хорошу точність методу ($MAPE \leq 20\%$) та можливість використовувати даний метод для прогнозування потоків інвестицій.

Отже, маючи не викривлену інформацію про масу грошових надходжень і, розраховану на її основі, швидкість даного потоку можна спрогнозувати масу потоку надходжень від інвестицій. Даний прогноз знижує невизначеність та відповідний ризик щодо можливих результатів інвестування, спираючись на одну із кількісних складових оцінювання ступеня ризику інвестора. ■

ЛІТЕРАТУРА

1. В. Бурлачков. Экономическая наука и экономика // <http://institutiones.com/general/266-2008-06-18-13-45-41.html>.

2. Романовский М. Ю., Романовский Ю. М. Введение в эконофизику. Статистические и динамические модели. – М.–Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулятивная и хаотическая динамика», 2007. – 280 с.

3. Мантенья Росарио Н., Стенли Г. Юджин. Введение в эконофизику. Корреляции и сложность в финансах. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 192 с.

4. Панченков А. Н. Эконофизику. – Н. Новгород: ООО «Типография Поволжье», 2007. – 528 с.

5. Жданкин С. Н. Новые критерии оценки инновационных проектов // Промышленная политика в Российской Федерации. – 2008. – № 5 // www.prompolit-press.ru/0805.files/doc/7.doc.

6. <http://www.mfa.gov.ua/data/upload/publication/uk/ua/12751/231.htm>.

7. Основи економічної теорії : підручник: У 2 кн. / ред. Ю. В. Ніколенко. – К.: Либідь, 1998. – Кн. 1 : Суспільне виробництво ; Ринкова економіка – 272 с.

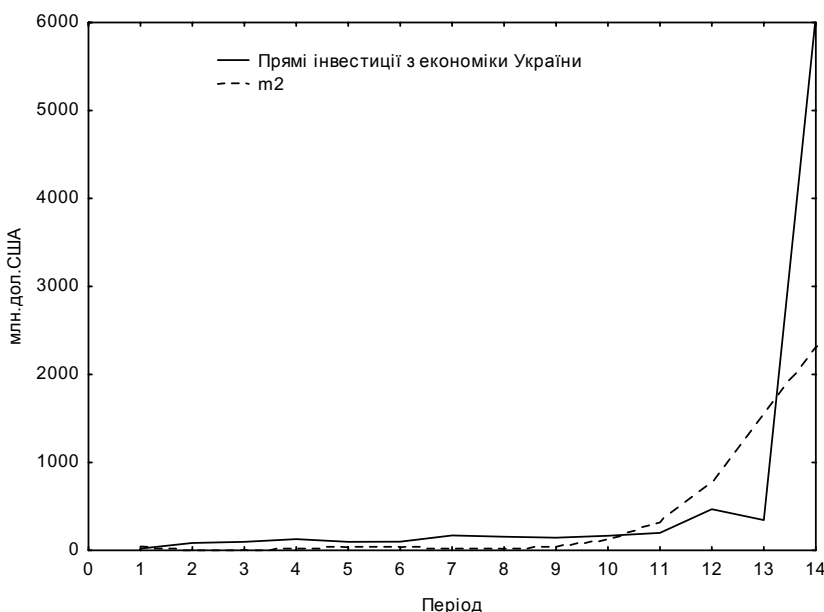


Рис. 2. Залежність маси потоку прямих іноземних інвестицій з економіки України (фактичні дані та розраховані з врахуванням закону збереження імпульсу (m_2))