

МОДЕЛЮВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ ІГОР

MODELING OF THE INVESTMENT PROCESS ON THE BASIS OF THE THEORY OF GAMES

У статті наводиться опис методу моделювання взаємодії учасників інвестиційного процесу на основі теорії ігор. Описано інтереси основних учасників інвестиційного процесу. Розглянуто приклади пільгового оподаткування і субсидування, на основі яких доведена можливість формалізації і моделювання даної взаємодії як біматричної гри. Запропоновано спосіб побудови моделі формалізації прийняття інвестиційних рішень.

Ключові слова: моделювання, інвестиції, теорія ігор, біматричні ігри, змішані стратегії, чисті стратегії.

В статье приводится описание метода моделирования взаимодействия участников инвестиционного процесса на основе теории игр. Описаны интересы основных участников инвестиционного процесса. Рассмотрены примеры льготного налогообложения и субсидирования, на основе которых доказана возможность формализации

и моделирования данного взаимодействия как биматричной игры. Предложен способ построения модели формализации принятия инвестиционных решений.

Ключевые слова: моделирование, инвестиции, теория игр, биматричные игры, смешанные стратегии, чистые стратегии.

In the article the description of the method of simulation of the interaction of the participants of the investment process on the basis of the theory of games is given. The interests of the main participants of the investment process are described. Examples of preferential taxation and subsidies are considered, on the basis of which the possibility of formalization and modeling of this interaction as a bi-experimental game is proved. The method of constructing a model for the formulation of investment decision making is proposed.

Key words: modeling, investment, game theory, bitmatch games, mixed strategies, clean strategies.

УДК 332.146:330.322]:519.711(045)

Олешко Т.І.

д.т.н., професор кафедри економічної кібернетики

Національний авіаційний університет

Клименко Б.І.

магістр

Національний авіаційний університет

Постановка проблеми. Сьогоднішній етап розвитку як світової, так і української економіки характеризується складним поєднанням факторів невизначеності, які істотно ускладнюють інвестиційну діяльність на всіх економічних рівнях. Особливо це стосується України в останні чотири роки, тобто в період Російської збройної агресії. В Україні дуже сильно зростає число і варіативність дестабілізуючих факторів, тому потрібні нові підходи до інвестиційних процесів, оскільки в інвестиційній сфері відбулося збільшення кола її учасників, тобто не тільки держава, підприємство і банк приймають участь в інвестиційному процесі, а і страхові, інвестиційні, фінансові компанії, промислові групи тощо.

Таким чином питання є актуальне та зумовлене тим, що при використанні сучасних математичних методів і моделей в економіці, а саме апарату теорії ігор, можна розробити моделі формалізації прийняття інвестиційних рішень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню сучасного стану моделювання інвестицій підприємства присвячено багато робіт таких вчених як Тищенко О.М., Тімбекова І.Ш., Баланюк І.В., а питанням моделювання інвестицій в умовах невизначеності займалися такі вчені як Олешко Т.І., Лещинський О.А., Васильченко А.А.

Постановка завдання. Метою дослідження є аналіз інвестиційного процесу на основі розробок та дослідження ігрової моделі інвестор-регіон.

Виклад основного матеріалу дослідження. Основна проблема моделювання інвестиційної діяльності полягає в тому, що інвестиційний процес в методах які частіше всього використовуються а саме теорія ігор, мінімізація ризику порт-

фельного інвестування, апарат теорії масового обслуговування, розглядається дуже неповно: як правило, тільки з позиції інвестора, і, здебільшого, виключно на основі фінансових показників. Не враховується багато важливих факторів інвестиційного проекту: вплив на розвиток території (регіону), в межах якого здійснюється інвестиційна діяльність, соціальна значимість проекту, вплив на екологію та ін. Особливо, якщо мова йде про інвестиційні проекти з іноземною участю, коли виникає ряд додаткових проблем і протиріч [1]. Крім того, глибокий аналіз зазначених підходів показує, що при вирішенні задач інвестування з застосуванням теорії ігор в чистих стратегіях на основі критеріїв Вальда, Севіджа, Лапласа, Гурвіца складно відобразити специфіку інвестиційної взаємодії всіх учасників, оскільки ці інструменти призначені для вибору одного з напрямків економічного розвитку, при виключенні інших [2].

Існуючі методи моделювання інвестиційних процесів і оцінки ефективності інвестицій розглядають проекти з фіксованими фінансовими і матеріальними потоками і складом учасників. При цьому не повністю розкриваються і належним чином не описуються процеси взаємодії всіх учасників інвестиційного процесу – інвестора, держави, компанії-реципієнта, забудовника, підрядників, користувачів об'єктів капітальних вкладень, населення, посередників інвестиційної діяльності. Тому що їхня взаємодія як правило, заснована на «конфлікті інтересів», коли кожен з учасників прагне досягти своєї мети.

Інструментарій теорії ігор має низку переваг перед іншими методами моделювання, так як дає можливість оптимізувати поведінку людей з різ-

ними інтересами [3] і складати математичні моделі прийняття оптимальних рішень в умовах конфліктів [4].

Інвестиційний процес, якраз і являє собою конфліктну модель, коли інтереси раціональних учасників процесу не збігаються. Опишемо цей конфлікт як модель на прикладі двох основних учасників інвестиційного процесу: інвестора і регіону. Для інвестора критично важливим є не тільки абсолютний обсяг одержуваного прибутку, а також розподіл прибутку в часі. Це пов'язано з природним прагненням максимізувати прямий економічний ефект, що враховує необхідність дисконтувати відстаючі в часі фінансові потоки. Тут одночасно діють два фактори, що мають різну природу. По-перше, здатність будь-якого економічного ресурсу створювати нову вартість з плином часу, а по-друге, негативне сприйняття інвестором ризику несприятливих подій, який також збільшується пропорційно затримці в досягненні очікуваних економічних результатів [5]. З іншого боку – державні і регіональні органи влади (реципієнти інвестицій). Які не є звичайними учасниками інвестиційного проекту. Для них отримання прибутку не мета, а лише засіб, складова частина більш істотним завданням – ефективного управління суспільними ресурсами на благо всіх громадян і виконання своїх соціальних зобов'язань. Тому регіон не повинен прагнути максимізувати свій прямий фінансовий ефект (сукупну бюджетну ефективність), який до того ж розраховується з урахуванням дисконтування, тобто з прагненням наблизити термін отримання ефекту. Їм необхідно комплексно оцінювати результати проекту для суспільства в цілому, тобто не тільки прямий бюджетний (фіскальний), але досягається сукупний економічний ефект, в тому числі – екологічні, соціальні, політичні та інші наслідки реалізації проекту. Група показників інтегральної економічної ефективності дозволяє оцінювати загальний економічний ефект реалізації проекту для економіки країни і повинна стати для регіону такою ж основою прийняття рішень, як показники фінансової ефективності для приватного інвестора. Показники сукупної (інтегральної) економічної ефективності дозволяють враховувати ряд непрямих фінансових потоків і

економічних ефектів, що породжуються реалізацією інвестиційного проекту [6].

У кожного з учасників цього процесу є певний набір стратегій і інструментів, який вони можуть використовувати. Держава, наприклад, може впливати на рішення інвестора шляхом надання податкових пільг, субсидій, державних гарантій і т. д. Інвестор, в свою чергу, може змінювати обсяги інвестицій, «привозити» з собою технології і бізнес-моделі (зростання продуктивності праці), створювати додаткові робочі місця і т. д. і кожен з цих двох учасників прагне досягти своїх цілей. При цьому дії одного учасника впливатимуть на поведінку і «виграш» іншого, так як їх взаємодія є стратегічним. Наприклад, регіон не стане надавати податкові пільги інвестору (так як визначить для себе стратегію «не надавати податкові пільги» зі своєї множини стратегій) з метою отримати більше прибутку в бюджет, а у інвестора в цьому випадку скоротиться прибуток і збільшиться термін окупності, і він віддалиться від своєї мети отримати прибуток в максимально короткий термін – його платіж зменшиться. Або він взагалі буде змушений відмовитися від інвестування.

Описана вище ситуація повністю відповідає конфлікту з точки зору теорії ігор. Гра тут – набір з трьох елементів N, S, u , де $N = (1, \dots, n)$ – це сукупність множини гравців, $S = S_1, \dots, S_n$ – безліч стратегій i -того гравця, a_{ij} – це виграш гравця, який буде залежати не тільки від обраної стратегії, а й від стратегій, обраних іншим гравцем або гравцями [7]. Розглянемо теоретико-ігрову модель даної економічної ситуації тобто, для визначення числа можливих стратегій і платежів гравців була розроблена імітаційна гра «регіон-інвестор», де в якості першого гравця виступає інвестор, а другого регіон.

Будемо вважати що в даній грі у кожного учасника буде по дві чистих стратегії. Крім того, в даному «конфлікті» буде рівновага як у чистих, так і в змішаних стратегіях.

Всі учасники дослідження були розділені на дві групи («регіони» і «інвестори») і отримали опис своїх ролей (на основі концепцій Д. Даннінга і П. Фішера [8: 9], всю необхідну інформацію про контекст експерименту і чіткий алгоритм дій. Опис ролі «інвестора» представлено в табл. 1.

Таблиця 1

Опис ролі «Інвестор»

Ціль	Інвестор прагне до отримання максимального прибутку за найменший проміжок часу
Інтереси	Доступ до недорогих ресурсів; ринок збуту; низьке податкове навантаження; субсидії і держпідтримка
Завдання	Ефективно використовувати свій капітал – розподілити його по проектам з метою отримання максимального прибутку в найкоротші терміни (середній термін окупності всіх проектів не більше 5 років)
Обмеження	Фінансові ресурси становлять 4500 млн гривень; існує можливість створення 500 додаткових робочих місць
Ціль	Головна мета регіону – виконання соціальних зобов'язань і створення умов для зростання економіки

У даній грі, для її спрощення, ми взяли тільки один з інструментів впливу на рішення «регіону», в подальшому в модель можна додавати і інші інструменти. Опис ролі «регіону» представлено в табл. 2.

У даній грі «регіон» міг впливати на інвестора за рахунок надання податкових пільг і субсидій, розміри яких ми об'єднали в один загальний ресурс «субсидії» для спрощення моделі.

Для гри і побудови імітаційної моделі були відібрані 14 умовних інвестиційних проектів регіону Чернігівської області (гравець 1), які Міністерство економічного розвитку презентує інвесторам (гравець 2) на спеціалізованому порталі. Гравцям потрібно було оцінити ці проекти і вирішити – цікавий він з точки зору виконання ролі чи ні. Якщо «так», то на яких умовах.

Учасники експерименту були розбиті на пари «інвестор-регіон» і далі в випадковому порядку отримували інвестиційні проекти для роботи за наступним алгоритмом:

- 1) вивчити інвестиційний проект;
- 2) визначити для себе стратегію поведінки;
- 3) торг (реалізація обраної стратегії);
- 4) угода – відмова від угоди;
- 5) фіксування результатів і підрахунок решти ресурсів;
- 6) перехід до наступного проекту.

Важливо відзначити, що в першому турі учасники не мали інформації про кількість інвестиційних проектів і точних обмежень свого суперника. А в двох наступних іграх у них вже була ця інформація.

Оцінка ефективності гравців (порівняння гравців між собою, визначення «переможця» в кожній конкретній грі, порівняння застосовуваних стратегій гравців, порівняння пар гравців) була проведена на основі ряду абсолютних і відносних показників. Далі був проведений аналіз результатів – визначення найефективніших регіонів і інвесторів і визначення найбільш успішних стратегій.

Аналіз результатів проведеного експерименту показав наступне:

1. У даній грі у гравців сформувалися дві чисті стратегії A_1 – поступатися і A_2 – не поступатися (тобто – «диктувати свої умови»), саме до вибору між цими двома стратегіями звелася вся гра.

2. У більшості випадків гравці, які вибирали для себе тільки одну стратегію і застосовували її у всіх раундах гри, виявилися менш успішними, ніж ті, які міняли свої стратегії з урахуванням поведінки свого суперника і відштовхуючись від умов конкретного інвестиційного проекту.

3. Результативні гравці були присутні як в групі гравця 1 (інвестори), так і в групі гравця 2 (регіони).

4. У багатьох випадках, при використанні змішаних стратегій, своїх цілей вдавалося досягти кожному з гравців. Пари, де обидва гравці змішували свої стратегії, виявилися ефективнішими за інших.

5. Перша гра – гра з неповною інформацією виявилася менш результативною для всіх гравців, ніж наступні ігри з повною інформацією [10, с. 5].

Згідно з теоремою Неша кожна опукла гра має хоча б одну ситуацію рівноваги. Рівновагою, в даному випадку, буде сукупність стратегій, обраних гравцями, при якій жоден з них не може збільшити свій виграш, змінивши свою стратегію поведінки в односторонньому порядку, коли інші не змінюють свої рішення [10, с. 11].

Для дослідження практичних даних за допомогою теореми Д. Неша необхідно побудувати матрицю платежів біматричної гри «регіон-інвестор» за наступними умовами.

Якщо гравці вибирали стратегію «наполягати», то угода зривалася – ніхто не отримував виграшу: «інвестор» не використав наявний капітал, а «регіон» не створював нові робочі місця. Визначимо це як «0» в матриці платежів. Якщо один гравець вибирав стратегію «поступатися», а другий «наполягати», то гравець, який відстоював свої інтереси, отримував більше, ніж той, який поступався в цьому раунді, так як угода відбулася

Таблиця 2

Опис ролі «Регіон»

Інтереси	Створення робочих місць та зайнятості населення; ефективне використання своїх ресурсів; збереження екології; отримання технологій і бізнес моделей від інвестора; розвиток внутрішніх продуктивних сил в країні; отримання максимально можливої кількості податкових надходжень до бюджету; залучення грошових ресурсів для реалізації великих інфраструктурних проектів
Завдання	Забезпечити створення максимальної кількості робочих місць і підприємств (але не менш як 1500 робочих місць)
Обмеження	Загальний обсяг коштів на надання податкових пільг і субсидій становить 1500 млн грн.

Таблиця 3

Платіжна матриця гри «регіон-інвестор»

		Інвестор	
		«Наполягати»	«Поступатися»
Регіон	«Наполягати»	0;0	3;1
	«Поступатися»	1;3	2;2

на його умовах. Визначимо це, як 3 і 1 відповідно в матриці платежів. А якщо гравці вибирали стратегію «поступатися», то вони отримували більше ніж у випадку, коли обидва не поступаються 0 і більше ніж в разі, коли один з гравців диктує свої умови 1, але менше, ніж якби цей гравець диктував свої умови 3, так як кожному довелося піти на поступки. Визначимо цю ситуацію як 2 кожному з гравців. Уявімо отримані результати у вигляді платіжної матриці в табл. 3.

Гра спочатку є динамічною (і її можна було б уявити в розгорнутій формі), однак асиметрія інформації перетворює її в одночасну, так як жоден з гравців не знає, яку стратегію насправді вибрав другий гравець. Ми бачимо, що в даній грі є дві рівноваги Неша. Це профілі (Наполягати; Поступатися) і (Поступатися; Наполягати). Однак через те, що гра є повторюваною (ми маємо справу з 14 інвестиційними проектами), має сенс шукати рівновагу в змішаних стратегіях. Знайдемо очікувані виграші для гравця «регіон». Припустимо, що «інвестор» буде вибирати стратегію «наполягати» з ймовірністю a . Тоді стратегію «поступатися» він буде вибирати з ймовірністю $1-a$. Для «регіону» очікуваний виграш від стратегії «наполягати» можна порахувати наступним чином: $0 \cdot a + 3 \cdot (1-a) = 3-3a$. Очікуваний виграш від стратегії «поступатися»: $1 \cdot a + 2 \cdot (1-a) = 2-a$. Щоб знайти a , необхідно вирішити рівняння: $3-3a = 2-a$. Тоді $a = 0,5$. Знайдемо очікувані виграші гравця «інвестор» аналогічним способом. Далі визначимо очікувані виграші гравців. Виграш «регіону»: $3 - 3 \cdot 0,5 = 1,5$; очікуваний виграш «інвестора»: $3 - 3 \cdot 0,5 = 1,5$.

Грунтуючись тільки на те, що точки рівноваги нами визначено, учасники інвестиційного процесу вже можуть вибирати свої стратегії з урахуванням виявленого антагоністичного характеру їх взаємодії, а також зміщати дану рівновагу в потрібну їм сторону в залежності від конкретної ситуації і наявності додаткових важелів впливу.

Висновки з проведеного дослідження. Інвестиційний процес виявляється вигідний кожному з учасників з точки зору досягнення своїх цілей і при виборі відповідних стратегій, тобто Як «регіон», так і «інвестор» можуть отримувати велику користь від взаємодії, якщо в рівній мірі йдуть на поступки один одному, але при цьому сильно відстоюють свої інтереси в залежності від того, наскільки інвестиційний проект вигідний іншому учаснику і на яких умовах він готовий піти заради його реалізації.

Ситуація, при якій обидва учасники процесу поінформовані про потенціал і можливості один одного, приносить більше користі кожному з них, тому, в подальшому вбачається за необхідне включити в модель ще одного гравця – посередника (до завдань якого відноситься в тому числі забезпечення повноти інформації для прийняття

рішень). Незважаючи на те, що фігура посередника (ПІІ-агентства) присутня в багатьох практичних ситуаціях, її характеристики і функції як і раніше теоретично не обґрунтовані, що істотно ускладнює пошук більш ефективних методів освітніми закладами взаємодії.

На підставі виявленого антагоністичного характеру взаємодії учасників інвестиційного процесу та отриманих висновків доцільна побудова остаточної імітаційної моделі за участю цього посередника, який дозволить перевести гру в поле динамічних. А з включенням гравця «Природа» з'являється можливість побудувати динамічну модель з недосконалою інформацією (Байєсова гра), яка ляже в основу інструментарію прийняття інвестиційних рішень, коли в залежності від конкретної ситуації та інвестиційного проекту будуть задані платежі в вершинах гри і здійснений пошук оптимального рішення методом зворотньої індукції.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Вдовін, І.А. Механізм правового регулювання інвестиційної діяльності (історичний і теоретико-правовий аналіз): дисертація доктора юридичних наук / І.А. Вдовін. – СПб., 2002. – 388 с.
2. Воробйов, М.М. Сучасний стан теорії ігор / М.М. Воробйов // УМН, 25, № 2, 1970. – С. 81-140.
3. Ляндау, Ю.В. Моделювання інвестиційної діяльності багатофункціональних економічних комплексів: автореферат дисертації кандидата економічних наук / Ю.В. Ляндау. – М., 2009. – 24 с.
4. Методичні рекомендації щодо оцінки ефективності інвестиційних проектів та їх відбору для фінансування. Офіційне видання. – М., 2000.
5. Печерський, С.Л. Теорія ігор для економістів. Вступний курс, навчальний посібник / С.Л. Печерський, А.А. Беляєва. – СПб: Изд-во Європ. ун-ту в С. Петербурзі, 2001. – 342 с.
6. Писарук, М.М. Введення в теорію ігор / Н.Н. Писарук. – Мінськ: БДУ, 2011. – 217 с.
7. Dunning, J.H. Multinational Enterprises and the Global Economy / J.H. Dunning. – Wokingham: Addison Wesley, 1993.
8. John von Neumann and Oskar Morgenstern: Theory of Games and Economic Behavior, Princeton University Press, 1944.
9. Owen G. Game Theory, Bingley: Emerald Group Publishing Limited, 2013. – 500 p.
10. Vasilchenko A.A. Cross-cultural Aspects of Foreign Direct Investment Attraction / A.A. Vasilchenko, Ju.A. Ryzhanushkina, K.E. Gabrin // Science and Technologies. – 2015. – № 2. – P. 52-66.

REFERENCES:

1. Vdovin, I.A. The mechanism of legal regulation of investment activity (historical and theoretical and legal analysis): dissertation of the doctor of legal sciences / I.A. Vdovin – SPb., 2002. – 388 p.
2. Vorobyov, M.M. Current state of the theory of games / M.M. Vorob'ev // UMN, 25, No. 2, 1970. – P. 81-140.

3. Lyandau, Yu.V. Modeling of investment activity of multifunctional economic complexes: the dissertation author's abstract of the candidate of economic sciences / Yu.V. Lyandau – M., 2009. – 24 p.

4. Methodical recommendations on the evaluation of the effectiveness of investment projects and their selection for financing. Official edition. – M., 2000.

5. Pechersky, S.L. The theory of games for economists. Introductory course, textbook / S.L. Pechersky, A.A. Belyaev – SPb: Publishing Europe. Un-th in St. Petersburg, 2001. – 342 p.

6. Pizaruk, M.M. Introduction to the theory of games / N.N. Pizaruk – Minsk: BDU, 2011. – 217 p.

7. Dunning, J.H. Multinational Enterprises and the Global Economy / J.H. Dunning – Wokingham: Addison Wesley, 1993.

8. John von Neumann and Oskar Morgenstern: Theory of Games and Economic Behavior, Princeton University Press, 1944.

9. Owen G. Game Theory, Bingley: Emerald Group Publishing Limited, 2013. – 500 p.

10. Vasilchenko A.A. Cross-cultural Aspects of Foreign Direct Investment Attraction / A.A. Vasilchenko, Ju.A. Ryzhanushkina, K.E. Gabriel // Science and Technologies. – 2015. – № 2. – P. 52-66.

Oleshko T.I.

Ph.D., Professor of the Department of Economic Cybernetics
National Aviation University

Klymenko B.I.

Master
National Aviation University

MODELING OF THE INVESTMENT PROCESS ON THE BASIS OF THE THEORY OF GAMES

Nowadays there is problem of modeling investment activity, which is that the investment process in the most frequently used methods namely minimization of the risk of portfolio investment, the apparatus of the theory of mass service, is considered very incomplete: as a rule, only from the position of the investor, and, for the most part, solely on the basis of financial indicators. These methods of modeling investment processes and assessing the effectiveness of investments consider projects with fixed financial and material flows and composition of participants. At the same time, the processes of interaction of all participants of the investment process – investor, state, recipient company, developer, contractors, users of objects of capital investments, population, intermediaries of investment activity – are not fully disclosed and not properly described. Because their interaction is usually based on a "conflict of interest" when each of the participants seeks to achieve its goal. The game theory tool has a number of advantages over other simulation methods, as it enables to optimize the behavior of people with different interests and make mathematical models for making optimal solutions in conflict situations. Therefore, a description of the method of simulating the interaction of the participants of the investment process on the basis of the theory of games is given. The interests of the main participants in the investment process: the investor and the region are described. Examples of preferential taxation and subsidies are considered, on the basis of which the possibility of formalization and simulation of this interaction as a bimatrix game is proved. The description of the experiment synthesized by the authors in the form of the game "investor-region" is presented and a payment matrix is constructed. An equilibrium search was made and an experimental confirmation of the hypothesis of the presence of several equilibria in this game was obtained. The method of constructing a model for the formulation of investment decision making is proposed.