

УДК 519.86

DOI: 10.31359/2411-5584-2019-36-1-73

С. В. ГАДЕЦЬКА

кандидат фізико-математичних наук, доцент,
завідувач кафедри інформаційних технологій
Харківського навчально-наукового інституту
ДВНЗ «Університет банківської справи»,
Україна, м. Харків
e-mail: svgadetska@ukr.net
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9125-2363>

**Л. Д. ФІЛАТОВА**

кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних технологій
Харківського навчально-наукового інституту
ДВНЗ «Університет банківської справи»,
Україна, м. Харків
e-mail: filatovald@ukr.net
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6605-3442>



ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ІННОВАЦІЙНОЇ ПОВЕДІНКИ СУБ'ЄКТІВ ГОСПОДАРЮВАННЯ¹

Розглянуто концептуальні засади економіко-математичного моделювання інноваційної діяльності суб'єктів господарювання. Проаналізовано стан проблеми, розкрито можливості застосування сучасних методів та моделей для оптимізації інноваційного процесу. Обґрунтовано переваги ймовірно-ігрового підходу до визначення оптимальних інноваційних стратегій суб'єктів господарювання в умовах невизначеності та ризику.

Ключові слова: інновація, інноваційний процес, інноваційна стратегія, суб'єкт господарювання, економіко-математичне моделювання, теорія ігор, умови невизначеності та ризику, оптимальна стратегія.

JEL Classification: C51, C61, C70, D20, L10, M11, O31, O32.

¹ © Гадецька С. В., Філатова Л. Д., 2019. Стаття публікується на умовах ліцензії Creative Commons – Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

Статтю розміщено на сайті збірника: <http://econtlaw.nlu.edu.ua>.

Постановка проблеми. Сучасний етап розвитку світової економіки має чітко виражений інноваційний характер. І хоча розвиток економіки завжди базувався на впровадженні нових технологій, але протягом тривалого часу цей процес проходив дуже повільно [1–4]. Тепер умови жорсткої конкуренції зумовили якісно новий рівень активізації інноваційної діяльності. Знання та інновації все частіше сприймаються як найважливіші економічні ресурси, і саме на їх основі формується нова парадигма економічного розвитку.

Світові тенденції не оминули й Україну: в умовах нестабільної соціально-економічної ситуації інновації стали об'єктивним елементом функціонування майже всіх галузей вітчизняної економіки [5–8]. Усвідомлення актуальності такої характеристики, як інноваційність, дедалі частіше відбувається і на рівні окремого суб'єкта господарювання, адже без цієї складової неможливо передбачити зміну зовнішніх умов, спрогнозувати тенденції розвитку ринку, створити умови для ефективного розвитку виробництва, а, отже, практично неможливо отримати конкурентні переваги. Тобто, як зазначає автор [9], «... активна інноваційна діяльність забезпечує стратегічну стійкість підприємств». Тому, безперечно, стає очевидним фундаментальний характер інноваційного впливу на функціонування та розвиток будь-якого суб'єкта господарювання, а це, як ніколи раніше, активізує дослідження в цьому напрямі.

Ураховуючи такі тенденції, на поверхні лежить висновок про те, що для дослідження інноваційної діяльності окремо взятого суб'єкта господарювання треба залучати сучасні засоби наукових досліджень, але при цьому необхідно враховувати дві важливі особливості. По-перше, інновації завжди пов'язані з підвищеним рівнем ризику і значними обсягами інвестиційних ресурсів. По-друге, управління інноваційним процесом може здійснюватися тільки на основі повної та достовірної інформації, яка піддана чіткому та спрямованому аналізу, і виходячи з певного передбачення результатів або прогнозу. Тому для прийняття ефективних управлінських рішень з урахуванням таких особливостей інноваційного процесу найперспективнішими, на наш погляд, є можливості економіко-математичних методів та моделей, а це, у свою чергу, і визначає актуальність проведення досліджень за даною темою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зараз існує достатня кількість наукових робіт, присвячених економіко-математичному моделюванню інноваційного розвитку економічних систем. Теоретико-методологічні підходи до моделювання інноваційних процесів досліджували багато зарубіжних учених: П. Друкер [1], Р. Акофф [2], І. Ансофф [3] та інші. Зазначена тематика представлена і в роботах українських учених-економістів [10–15]. Ці роботи базуються на різних методах і підходах. Але, віддаючи належне внеску

вітчизняних науковців у теорію інноватики, необхідно зазначити, що проблема застосування економіко-математичних методів та моделей для дослідження інноваційної діяльності суб'єктів господарювання потребує подальшого науково-методичного опрацювання. В цілому ряді джерел [16–18] є досить вдалі спроби аналізу цього питання, але майже відсутні роботи, в яких би були враховані умови невизначеності та ризику при моделюванні інноваційної поведінки суб'єктів господарювання.

Формулювання цілей статті. Обґрунтувати можливість та доцільність застосування теоретико-ігрових моделей для економіко-математичного моделювання інноваційної діяльності суб'єктів господарювання в умовах невизначеності та ризику.

Виклад основного матеріалу. Дослідження проблеми моделювання інноваційної діяльності суб'єктів господарювання почнемо з аналізу самого поняття «інновація». В економічній літературі не існує однозначного визначення цього поняття. З одного боку, під інноваціями розуміють процес впровадження нововведень, з другого боку – самі нововведення. Це значною мірою обумовлено самою суттю інновації, її двоєдиною природою. Разом із тим, незважаючи на деякі розбіжності в формулюваннях, усі без винятку дослідники визнають, що в основі будь-якої інновації лежать нові знання. І саме цей факт дозволяє стверджувати, що джерелом і генератором інноваційної діяльності окремо взятого суб'єкта господарювання є творчий процес наукового пошуку, а її найважливішою складовою – науково-технічна діяльність, спрямована насамперед на розвиток способів виробництва, вдосконалення та модернізацію продукції, що виготовляється.

Що стосується інноваційної поведінки суб'єкта господарювання, слід відмітити, що в загальному сенсі поведінка будь-якої системи – це сукупність реакцій на зовнішні подразники. І якщо сприймати суб'єкт господарювання як систему, яка піддається внутрішнім і зовнішнім впливам, то із усього спектра проблем інноваційної поведінки можна виокремити три напрями вивчення: інноваційна поведінка суб'єктів господарювання, інноваційна поведінка споживачів, інноваційна поведінка співробітників фірм. Усі три види інноваційної поведінки тісно пов'язані між собою. Наприклад, без інноваційної поведінки споживачів неможливе розповсюдження інновацій; без інноваційної поведінки співробітників фірм інновації будуть зустрічати жорстку протидію. Незважаючи на це, головним є перший вид інноваційної поведінки, оскільки саме суб'єкти господарювання є ініціаторами та провідниками інновацій, і такий вид інноваційної поведінки можна сприймати як особливий вид стратегічної ринкової поведінки. В рамках цього дослідження зосередимось саме на такому виді інноваційної поведінки.

Сутність і структура самого інноваційного процесу здебільшого обумовлюються тим, що зараз суб'єкти господарювання України функціонують в умовах нестабільної економіки. Тому одним із основних джерел удосконалення їх роботи і економічного зростання є пошук і впровадження інноваційних рішень. Водночас організація і управління інноваційним процесом – це проблемне питання у зв'язку з тим, що інноваційна діяльність у таких умовах має, як правило, несистемний характер, і до теперішнього часу не вироблені стратегічні підходи до управління такою діяльністю.

Проблематикою інноваційних процесів у сучасних умовах господарювання займаються багато вчених, але практично немає досліджень, в яких би комплексно розглядалися теоретичні основи й організаційні особливості інноваційних процесів суб'єктів господарювання. В економічній літературі це питання подається з точки зору еволюції технологічних укладів і характеризується як «...сукупність безперервно виникаючих, якісно нових, прогресивних з технічного погляду явищ, що забезпечують зміну поколінь техніки і технології, підвищують конкурентоспроможність суб'єктів господарювання» [14, с. 26]. Інноваційний процес структурується з точки зору його фазовості: фундаментальний науковий аналіз; прикладний аналіз; проектні втілення; освоєння розробок; виробництво та реалізація; експлуатація; розповсюдження. Але, як показує аналіз діяльності різноманітних суб'єктів господарювання, далеко не завжди структура інноваційного процесу є саме такою. Його складові в різних сферах діяльності можуть суттєво відрізнятися. Значення кожної з фаз та їх сукупність визначається типом і змістом конкретної інновації. Тому ми погоджуємося з думкою вітчизняних дослідників цього питання, які трактують інноваційний процес у ширшому й узагальненому розумінні як діяльність, пов'язану зі створенням, освоєнням і поширенням інновацій [10; 13].

З цієї точки зору інноваційний процес на рівні окремого суб'єкта господарювання можна розглядати як ітераційний процес, який умовно можна об'єднати в три уніфіковані стадії: генерація інноваційних стратегій розвитку; аналіз, відбір і статистична оцінка запропонованих інновацій; реалізація оптимальних інноваційних стратегій та прогнозування розвитку суб'єкта господарювання на основі таких стратегій. Кожна з цих стадій вимагає особливих теоретико-методологічних підходів. Очевидно, що ефективна інноваційна діяльність будь-якого суб'єкта господарювання можлива тільки при оптимізації всіх трьох стадій інноваційного процесу. У зв'язку з цим треба зробити два уточнення. По-перше, будь-якій стадії інноваційного процесу повинен відповідати чіткий набір вихідних умов та обмежень. По-друге, інноваційна діяльність будь-якого суб'єкта господарювання повинна бути формалізована,

тобто кваліфікуватися як специфічний його об'єкт, відокремлений від звичайного виробничого процесу.

Але жодна стадія інноваційного процесу не може існувати без проведення детального аналізу та оцінки результатів інноваційних заходів із точки зору досягнення кінцевих фінансових цілей та обсягів витрат. Такий аналітичний підхід є основою для удосконалення інноваційної діяльності суб'єкта господарювання. В той же час проведення відповідного аналізу та оцінки неможливо без моделювання інноваційних процесів, а використання економіко-математичних моделей інноваційної діяльності є інструментом стратегічної і довгострокової конкурентоспроможності суб'єкта господарювання. Такий інструмент неодмінно забезпечить результативність і ефективність інноваційного процесу і допоможе сформувати збалансований інноваційний портфель суб'єкта господарювання.

Таким чином, економіко-математичне моделювання інноваційної діяльності суб'єктів господарювання є актуальним і має важливе народногосподарське значення. Його основним завданням є забезпечення надійності та стабільності в роботі, максимізація прибутку, мінімізація збитків і забезпечення конкурентних переваг у довгостроковій перспективі. Модель повинна бути змістовно ємною, але водночас максимально простою і незалежною від конкретних варіантів запланованих інновацій. Вона повинна відображати тільки найважливіші властивості інноваційного процесу і, найголовніше, бути придатною для прогнозування інноваційної поведінки суб'єкта господарювання.

Перейдемо до особливостей економіко-математичного моделювання інноваційної діяльності суб'єктів господарювання. Аналіз останніх досліджень і публікацій [17] показав, що моделювання інноваційної поведінки суб'єктів господарювання є одним із перспективних, але в той же час одним із найскладніших напрямів економіко-математичних досліджень. Слід наголосити, що наявні моделі інновацій в основному мають теоретичний характер і відірвані від практики. При цьому моделювання інноваційних процесів відбувається у двох площинах, які взаємно не перетинаються: макроекономічній та мікроекономічній. Макроекономічні моделі найчастіше є моделями економічного зростання і до нього дослідження не стосуються. Мікроекономічні моделі передбачають вивчення перебігу інноваційних процесів на рівні окремих суб'єктів господарювання без виходу на макроекономічний рівень, тобто макроекономічні фактори сприймаються як вихідні умови задачі і вважаються незмінними. Треба відмітити різноманіття таких моделей у сучасній літературі: статичні й динамічні, детерміновані й статистичні, рівноважні й нерівноважні тощо. Але, на жаль, доводиться констатувати майже повну від-

сутність сумісності цих моделей між собою та слабку їх орієнтацію на експериментальні дані. Математичні моделі повного життєвого циклу інновацій відсутні майже повністю. Все це свідчить про те, що єдиного комплексного, теоретично обґрунтованого і загальноприйнятого підходу до економіко-математичного моделювання інноваційних процесів суб'єктів господарювання в даний час не існує. Це відбувається з кількох причин [10]:

- теорії стратегічного управління в умовах ринку досі притаманні фрагментарність і суперечність;
- суб'єкти господарювання мають низку особливих властивостей, які обумовлюють необхідність специфічного підходу до розробки оптимальних стратегій їх розвитку;
- сучасні підходи до формування інноваційної стратегії не дозволяють комплексно враховувати вплив на неї різних факторів, що ускладнює розробку науково обґрунтованої і практично реалізованої стратегії;
- існуючі методичні основи побудови моделей стратегії суб'єкта господарювання, як правило, не забезпечують можливості створення задовільного інформаційного забезпечення з різних аспектів даної стратегії і зручного для практичного застосування інструментарію її формування;
- наявні моделі формування та оцінки стратегії суб'єкта господарювання розроблені на базі різних і часто суперечливих методичних основ, що ускладнює застосування їх на практиці.

Усе вищесказане дозволяє зробити два суттєві зауваження. По-перше, для успішної побудови математичної моделі інноваційної поведінки суб'єкта господарювання необхідно мати усталену теоретичну основу та суттєві емпіричні напрацювання. По-друге, така модель повинна задовольняти чотирьом вимогам: бути репрезентативною; враховувати вплив основних факторів; враховувати вплив основних обмежень; бути гнучкою та придатною для прогнозування. По своїй суті ці вимоги є загальними при побудові будь-якої математичної моделі [19]. Таким вимогам задовольняють традиційні стаціонарні статистичні моделі. Інноваційна поведінка в таких моделях трактується як одноразова дія, яка здійснюється інноватором (суб'єктом господарювання). Наслідки такої дії повинні бути Парето-оптимальними і приводити до рівноваги на ринку інновацій. Тобто моделювання інноваційної поведінки в цьому випадку нічим не відрізняється від моделювання інвестиційної поведінки.

Але, враховуючи об'єктивну складність інноваційних процесів взагалі та інноваційної поведінки зокрема, до моделювання таких процесів треба висунути ще одну специфічну вимогу – врахування високого ступеня невизначеності та ризику [20; 21]. Інноваційна діяльність суб'єкта господарювання,

на відміну від звичайної діяльності, належить до розряду високоризикованих. Структурна й організаційна специфіка інноваційного процесу при його здійсненні значною мірою визначається невизначеностями всіх рівнів. У таких умовах побудувати економіко-математичну модель, адекватну до реальних умов, досить складно. Невизначеності в інноваційному процесі призводять до обмеження використання традиційних економіко-математичних методів та моделей: оптимізаційних, економетричних, динамічних, імітаційних тощо.

З огляду на цей аспект, можна зробити висновок про те, що проблема управління інноваційним процесом в умовах економічної невизначеності може вирішуватися з використанням економіко-математичних моделей, в яких оптимізація відбувається не по Парето, а по Нешу. Теоретичною основою таких моделей є теорія ігор. Зазвичай теорію ігор визначають як математичну науку, що вивчає моделі конфліктних ситуацій [19; 22; 23]. За допомогою таких моделей можна виробити оптимальні правила поведінки кожного з учасників, які беруть участь у конфліктній ситуації. Більш того, при вирішенні задач оптимізації інноваційних процесів суб'єктів господарювання дуже часто виникає необхідність визначення так званих мінімакських і максимінних рішень. Тому методи теорії ігор можна розглядати як оптимізаційний апарат прийняття рішень при управлінні інноваційним процесом в умовах невизначеності та ризику.

Спробуємо змоделювати процес прийняття інноваційних рішень менеджерами суб'єктів господарювання в умовах невизначеності і високого рівня ризику. Розглянемо, який же характер може мати така невизначеність. По-перше, невизначеними можуть бути усвідомлені дії конкуруючих сторін. Наприклад, фірми, які конкурують на одному ринку, намагаються реалізувати свої інтереси і протидіють одна одній. Це призводить до зниження ефективності прийнятих інноваційних рішень. Але, якщо сторони, яка приймає рішення, заздалегідь відомі всі стратегії конкурентів, то управління інноваційним процесом буде відбуватися в умовах конфлікту двох і більше сторін, що конфліктують усвідомлено, з повною інформацією.

По-друге, невизначеність може відноситися до ситуації ризику, в якій управління інноваційним процесом відбувається в умовах, які впливають на прийняття рішень не усвідомлено і не залежать від дій сторони, що приймає рішення. Такі умови формуються під впливом цілої низки зовнішніх чинників (загального стану економіки і фінансової системи, рівня інфляції тощо). Але, якщо сторона, яка приймає рішення, може встановити всі можливі результати рішень і ймовірності їх появи, то управління інноваційним процесом буде відбуватися в умовах часткової невизначеності (в умовах ризику). І третій тип невизначеності, коли відомі всі можливі результати рішень,

але невідомі ймовірності їх появи – управління інноваційним процесом буде відбуватися в умовах повної невизначеності. Оскільки невизначеності мають різний характер, то і вид економіко-математичної моделі для кожного виду невизначеності буде різним.

У першому випадку як математичну модель можна використовувати стратегічну матричну гру з повною інформацією, яка може бути представлена матрицею гри, що по своїй суті є платіжною матрицею:

$$(a_{ij}), i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n,$$

рядки і стовпці якої є чисті стратегії A_i і B_j першого і другого учасників конфлікту відповідно;

елемент a_{ij} – виграш першого гравця і програш другого гравця при використанні ними стратегій A_i і B_j відповідно¹.

Така гра завжди має рішення. Якщо платіжна матриця має сідлову точку, то учасники гри не повинні відхилятися від своїх чистих інноваційних стратегій і тим самим забезпечити собі максимальний гарантований виграш (мінімальний гарантований програш). Якщо платіжна матриця не має сідлової точки, то гра ведеться в змішаних стратегіях і набуває ймовірнісного характеру.

Максимальний гарантований виграш при цьому визначається як математичне сподівання ефекту. Така модель, з математичної точки зору, нескладна, але основна проблема полягає в побудові платіжної матриці. Це найбільш трудомісткий і найвідповідальніший етап підготовки прийняття рішення, оскільки неточності в платіжній матриці призведуть до помилкових управлінських рекомендацій.

Ще одним істотним недоліком такої моделі є те, що її реалізація передбачає багаторазове прийняття рішень за однакових умов. У реальних прикладних задачах здійснити такий підхід вдається не часто. Як правило, кількість прийнятих рішень у незмінних умовах жорстко обмежена. Нерідко економічна ситуація є унікальною, і рішення в умовах невизначеності приймається одноразово.

Управління інноваційним процесом в умовах часткової невизначеності (в умовах ризику) передбачає використання як економіко-математичної моделі статистичної гри, тобто гри з «природою» (з об'єктивною реальністю), коли ймовірності настання кожного з можливих у майбутньому станів зовнішнього середовища можна вважати відомими. Така модель забезпечує прийняття оптимального управлінського рішення в разі, якщо особа, яка приймає рішення

¹ Будемо використовувати загальноприйняту класичну термінологію теоретико-ігрового моделювання [19].

ня, має у своєму розпорядженні достатній обсяг статистичної інформації про стратегії «природи». У цьому полягає основний недолік моделей такого типу, оскільки не завжди вдається провести статистичний експеримент для отримання необхідної інформації.

Відмінною особливістю гри з «природою» є той факт, що в ній усвідомлено діє тільки один з учасників. Аналітично така модель може бути представлена платіжною матрицею (a_{ij}) , $i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$, рядки якої A_i – це чисті стратегії особи, яка приймає рішення, а стовпці P_j – можливі стани «природи». Ця матриця змістовно відрізняється від попередньої тим, що її елементи a_{ij} не є програшами природи при відповідному стані. При виборі оптимальної стратегії у цій моделі можна використовувати матрицю вигравів. Але, на наш погляд, матриця вигравів статистичної гри не завжди адекватно відображає ситуацію. Оскільки прийняття рішення відбувається в умовах ризику, то вибір оптимальної стратегії повинен відбуватися з урахуванням кількісної оцінки ризику цієї стратегії. Тому для побудови моделі треба використовувати матрицю ризиків (матрицю втрачених можливостей):

$$(r_{ij}), i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n,$$

де елемент $r_{ij} = \max a_{ij} - a_{ij}$, $i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$.

Величину ризику можна інтерпретувати як плату за відсутність інформації про стани зовнішнього середовища. При виборі інноваційної стратегії з мінімальним ризиком потрібно керуватися принципом мінімаксу.

Управління інноваційним процесом в умовах повної невизначеності також як економіко-математична модель передбачає використання гри з «природою». В цьому випадку інформація про ймовірнісний розподіл станів зовнішнього середовища буде повністю відсутня. Тому для визначення найкращого рішення слід використовувати відомі статистичні критерії (Вальда, Севіджа, Гурвіца), або альтернативні підходи, зокрема ймовірнісний принцип Байєса-Лапласа.

Наведені теоретико-ігрові моделі добре описують інноваційну поведінку суб'єкта господарювання в умовах невизначеності та ризику, але всі вони мають один суттєвий недолік: жодна з них не враховує ринкової конкуренції та просторово-часової структури інновації, що призводить до суттєвої формалізації моделі та зниження її значущості. Взаємодію суб'єктів господарювання між собою (конкуренцію) завжди треба враховувати, причому, слід відмітити, що інноваційна поведінка не часто поєднується з грубими формами «цінової війни». Найчастіше – це неявна конкуренція через якість товарів та послуг, через формування переваг тощо. Що стосується просторово-часової структури інноваційного процесу, то, з одного боку, всередині процесу

розвитку інновації розрізняють етапи, які в сукупності утворюють хронологічний інноваційний ланцюжок (життєвий цикл), який становить логічну модель інновації. З другого боку, суб'єкту господарювання притаманна певна структура, яка є своєрідним відображенням того оточення, в якому він функціонує, та бізнес-моделі, яку він реалізує. Цю структуру можна сприймати як просторову модель інновації.

Для побудови моделі інноваційної діяльності, яка б поєднала в собі логічний та просторовий аспекти в умовах невизначеності та ризику, найперспективнішою є модель кооперативної гри. Теоретико-методологічні та математичні засади кооперативно-ігрових моделей достатньо відомі і викладені в цілому ряді класичних літературних джерел [19; 22; 23]. Спробуємо обґрунтувати перспективність такого підходу до економіко-математичного моделювання інноваційної поведінки суб'єктів господарювання.

Класична кооперативна гра являє собою математичну модель економічної ситуації, умови якої допускають укладення угод про спільні стратегії поведінки. Формально вона здається трійкою I, σ, v , де $I = \{1, 2, \dots, k\}$ – скінченна множина учасників гри (гравців); σ – сукупність усіх підмножин множини I ; v – дійсно знач-на функція, яка визначена на коаліційній структурі σ (характеристична функція гри). Зосередимо увагу на трьох важливих особливостях кооперативної гри.

1. Зазвичай вважають, що коаліційна структура – це потужність множини I , тобто $\sigma = 2^I$, але в загальному випадку вид коаліційної структури визначається як внутрішньою структурою об'єднання гравців, так і впливом зовнішніх факторів.

2. Учасники економічного процесу, вступаючи, якщо це необхідно та доцільно, в певні відносини один з одним, отримують вигоди, які вимірюються в однакових одиницях і згодом можуть бути перерозподілені між ними. При цьому передбачається, що індивідуальні переваги учасників визначаються таким чином, що для будь-якої пари гравців вони передаються без змін.

3. Характеристична функція гри (по своїй суті – це функція кооперативного виграшу) зазвичай є адитивною; ця властивість змістовно виражає доцільність об'єднання окремих гравців у коаліції з точки зору отримання виграшу. Метою гри є знаходження оптимального розподілу кооперативного виграшу між гравцями.

Ці три властивості є методологічним підґрунтям для принципів оптимальності, прийнятих у теорії кооперативних ігор. Зазначені принципи ще не отримали широкого розповсюдження та практичного застосування через вузькість та специфічність задач, які традиційно вивчаються за допомогою теорії кооперативних ігор. Але, якщо наділити основні теоретико-ігрові поняття широким змістовним сенсом, то можна розповсюдити принципи оптимальності

теорії кооперативних ігор на формальну схему загальної задачі прийняття рішень і використовувати її, зокрема, і при оптимізації інноваційної поведінки суб'єкта господарювання в умовах конкуренції, невизначеності та ризику. Особливо перспективним, на наш погляд, може стати застосування моделі кооперативних ігор для розв'язання двох надзвичайно важливих прикладних проблем: формування портфеля інновацій суб'єктом господарювання та операції суб'єктів господарювання в інноваційному проекті зі змішаним фінансуванням.

Висновки. Запропонований у роботі ймовірно-ігровий підхід до управління інноваційним процесом суб'єктів господарювання має низку переваг. Він дозволяє врахувати фактор невизначеності як визначальний при моделюванні інноваційного розвитку. Математичний апарат теорії ігор дає можливість кількісно оцінити результат такого моделювання, дослідити ефективність і пріоритетність запланованих інновацій, сформувані повний спектр можливих сценаріїв інноваційного розвитку суб'єктів господарювання. Такий підхід до управління інноваційним процесом не є досконалим, він має цілий ряд істотних недоліків, але дослідження в цьому напрямі є потужним теоретико-методологічним інструментарієм для виявлення потенційних інноваційних можливостей підприємства та врахування таких можливостей при розробці стратегічних рішень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Друкер П. Ф. Бизнес и инновации. Москва: Изд. дом «Вильямс», 2007. 432 с.
2. Акофф Р. Планирование будущего корпорации. Москва: Прогресс, 1985. 328 с.
3. Ансофф И. Стратегическое управление. Москва: Экономика, 1989. 358 с.
4. Канеман Д., Словик П., Тверски А. Принятие решений в условиях неопределенности: правила и предубеждения. Харьков: Гуманит. центр, 2005. 632 с.
5. Геник О. Особливості інноваційної стратегії організації вітчизняних підприємств. *Формування ринкової економіки в Україні*. 2009. Вип. 19. С. 165–169.
6. Інноваційна Україна 2020: національна доповідь / за заг. ред. В. М. Гейця та ін. Київ: НАН України, 2015. 336 с.
7. Геєць В. М., Семиноженко В. П. Інноваційні перспективи України: монографія. Харків: Константа, 2006. 272 с.
8. Говоруха Ж. А. Питання розвитку інноваційної діяльності підприємств України. *Актуальні проблеми економіки*. 2007. № 8 (74). С. 107–115.
9. Панкратова О. М. Інституційна обумовленість інноваційного розвитку суб'єктів господарювання. *Економічна теорія та право*. 2017. № 1 (28). С. 42–53.
10. Інвестиційно-інноваційна діяльність: теорія, практика, досвід: монографія / за ред. М. П. Денисенка, Л. І. Михайлової. Суми: Унів. кн., 2016. 1050 с.
11. Шкарлет С. М. Економічна безпека підприємства: інноваційний аспект: монографія. Київ: Кн. вид. НАУ, 2007. 432 с.

12. Бояринова К. О., Бекмурзіна А. М. Формування та реалізація стратегічного управління бізнес-процесами інноваційного розвитку підприємства. *Ефективна економіка*. 2018. №3. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6177> (дата звернення: 11.01.2019).
13. Козоріз М. А., Смовженко Т. С. Управління інноваційними процесами в регіонах: монографія. Львів: ЛБІ НБУ, 2006. 263 с.
14. Антонюк Л. Л., Поручник А. М., Савчук В. С. Інновації: теорія, механізм розробки та комерціалізації: монографія. Київ: КНЕУ, 2003. 394 с.
15. Ілляшенко С. М. Управління інноваційним розвитком: проблеми, концепції, методи. Суми: Унів. кн., 2003. 278 с.
16. Хазанова Л. Э. Математические методы в экономике. Москва: БЕК, 2012. 144 с.
17. Диленко В. А. Экономико-математическое моделирование инновационных процессов: монография. Одесса: Фенікс, 2013. 348 с.
18. Ілляшенко О. В. Механізми системи економічної безпеки підприємства: монографія. Харків: Мачулін, 2016. 503 с.
19. Хэмди А. Таха. Исследование операций. Москва: Изд. дом «Вильямс», 2016. 1056 с.
20. Basar T., Zhu Q. Prices of Anarchy, Information, and Cooperation in Differential Games. *Dynamic Games and Applications*. 2011. Vol. 1. P. 50–73.
21. Yanase A. Dynamic games of environmental policy in a global economy: Taxes versus quotas. *Review of International Economics*. 2007. Vol. 15 (3). P. 592–611.
22. Нейман Дж. фон, Моргенштерн О. Теория игр и экономическое поведение. Москва: Наука, 2014. 420 с.
23. Оуэн Г. Теория игр. Москва: Вуз. кн., 2011. 216 с.

REFERENCES

1. Druker, P. F. (2007). *Biznes i innovatsii [Business and innovation]*. Moskva: Izdatel'skiy dom «Vilyams» [in Russian].
2. Akoff, R. (1985). *Planirovanie budushego korporatsii [Planning for the future of the corporation]*. Moskva: Progress [in Russian].
3. Ansoff, I. (1989). *Strategicheskoe upravlenie [Strategic management]*. Moskva: Ekonomika [in Russian].
4. Kaneman, D., Slovik, P., & Tverski, A. (2005). *Prinyatie resheniy v usloviyah neopredelennosti: pravila i predubezhdeniya [Decision Making under Uncertainty: Rules and Prejudices]*. Harkov: Izd-vo «Gumanitarnyyi tsentr» [in Russian].
5. Henyk, O. (2009). Osoblyvosti innovatsiinoi stratehii orhanizatsii vitchyznianskykh pidpriemstv [Features of the innovative strategy of the organization of domestic enterprises]. *Formuvannia rynkovoї ekonomiky v Ukraini – Formation of a market economy in Ukraine*, 19, 165–169 [in Ukrainian].
6. Heiets, V. M. (Ed.). (2015). *Innovatsiina Ukraina 2020: natsionalna dopovid [Innovative Ukraine 2020: National Report]*. Kyiv: NAN Ukrainy [in Ukrainian].
7. Heiets, V. M., & Semynozhenko, V. P. (2006). *Innovatsiini perspektyvy Ukrainy [Innovative perspectives of Ukraine]*. Kharkiv: Konstanta [in Ukrainian].
8. Hovorukha, Zh. A. (2007). Pytannia rozvytku innovatsiinoi diialnosti pidpriemstv Ukrainy [Issues of development of innovation activity of enterprises of Ukraine].

- Aktualni problemy ekonomiky – Actual problems of the economy*, 8 (74), 107–115 [in Ukrainian].
9. Pankratova, O. M. (2017). Instytutsiina obumovlenist innovatsiinoho rozvytku subiektiv hospodariuvannia [Institutional condition of innovation development of business entities]. *Ekonomichna teoriia ta pravo – Economic Theory and Law*, 1 (28), 42–53 [in Ukrainian].
 10. Denysenko, M. P., Mykhailova, L. I., Hryshchenko, I. M., & Hrechak, A. P. (2016). *Investytsiino-innovatsiina diialnist: teoriia, praktyka, dosvid [Investment and innovation activity: theory, practice, experience]*. Sumy: Universytetska knyha [in Ukrainian].
 11. Shkarlet, S. M. (2007). *Ekonomichna bezpeka pidpriemstva: innovatsiinyi aspekt [Economic security of an enterprise: an innovative aspect]*. Kyiv: Knyzhkove vydavnytstvo NAU [in Ukrainian].
 12. Boiarynova, K. O., & Bekmurzina, A. M. (2018). Formuvannia ta realizatsiia stratehichnoho upravlinnia biznes-protsesamy innovatsiinoho rozvytku pidpriemstva [Modeling and implementation of business processes strategic management in enterprise innovative development]. *Efektivna ekonomika – Effective economy*, 3. Retrieved from <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6177> [in Ukrainian].
 13. Kozoriz, M. A. & Smovzhenko, T. S. (2006). *Upravlinnia innovatsiinykh protsesamy v rehionakh [Management of innovative processes in the regions]*. Lviv: LBI NBU [in Ukrainian].
 14. Antoniuk, L. L., Poruchnyk, A. M. & Savchuk, V. S. (2003). *Innovatsii: teoriia, mekhanizm rozrobky ta komertsializatsii [Innovation: theory, mechanism of development and commercialization]*. Kyiv: KNEU [in Ukrainian].
 15. Illiashenko, S. M. (2003). *Upravlinnia innovatsiinykh rozvytkom: problemy, kontseptsii, metody [Management of innovative development: problems, concepts, methods]*. Sumy: Universytetska knyha [in Ukrainian].
 16. Hazanova, L. E. (2012). *Matematicheskie metody v ekonomike [Mathematical methods in economics]*. Moscow: Izd-vo BEK [in Russian].
 17. Dilenko, V. A. (2013). *Ekonomiko-matematicheskoe modelirovanie innovatsionnykh protsessov [Economic-mathematical modeling of innovation processes]* Odessa: Feniks [in Russian].
 18. Illiashenko, O. V. (2016). *Mekhanizmy systemy ekonomichnoi bezpeky pidpriemstva [Mechanisms of the system of economic security of the enterprise]*. Kharkiv: Machulin [in Ukrainian].
 19. Hemdi, A. Taha. (2016). *Issledovanie operatsiy [Operations research]*. Moskva: Izdatelskiy dom «Vilyams» [in Russian].
 20. Basar T., & Zhu, Q. (2011). Prices of Anarchy, Information, and Cooperation in Differential Games. *Dynamic Games and Applications*, 1, 50–73.
 21. Yanase, A. (2007). Dynamic games of environmental policy in a global economy: Taxes versus quotas. *Review of International Economics*, 15 (3), 592–611.
 22. Neyman Dj. fon, & Morgenshtern, O. (2014). *Teoriya igr i ekonomicheskoe povedenie [The theory of games and economic behavior]*. Moskva: Nauka [in Russian].
 23. Ouen, G. (2011). *Teoriya igr [The theory of games]*. Moskva: Vuzovskaya kniga [in Russian].

Стаття надійшла до редакції 14.01.2019 р.

Стаття пройшла рецензування 11.02.2019 р.

Стаття рекомендована до опублікування 14.02.2019 р.

С. В. ГАДЕЦКАЯ

кандидат физико-математических наук, доцент, заведующая кафедрой информационных технологий Харьковского учебно-научного института ГВУЗ «Университет банковского дела», Украина, г. Харьков

Л. Д. ФИЛАТОВА

кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры информационных технологий Харьковского учебно-научного института ГВУЗ «Университет банковского дела», Украина, г. Харьков

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ПОВЕДЕНИЯ СУБЪЕКТОВ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ

Рассмотрены концептуальные основы экономико-математического моделирования инновационной деятельности субъектов хозяйствования. Проанализировано состояние проблемы, раскрыты возможности применения современных методов и моделей для оптимизации инновационного процесса. Обоснованы преимущества вероятностно-игрового подхода к определению оптимальных инновационных стратегий субъектов хозяйствования в условиях неопределенности и риска.

Ключевые слова: инновация, инновационный процесс, инновационная стратегия, субъект хозяйствования, экономико-математическое моделирование, теория игр, условия неопределенности и риска, оптимальная стратегия.

S. V. GADETSKA

Ph. D., (Mathematics and Physics), Head of the Department of Information Technology at the Kharkiv Educational and Scientific Institute of SHEI «Banking University», Ukraine, Kharkiv

L. D. FILATOVA

Ph. D., (Mathematics and Physics), Associate Professor of the Department of Information Technology at the Kharkiv Educational and Scientific Institute of SHEI «Banking University», Ukraine, Kharkiv

FEATURES OF THE MODELING OF INNOVATIVE BEHAVIOR OF BUSINESS ENTITIES

Problem setting. At the present stage of development of the economy, the fundamental nature of the innovative influence on the functioning and development of any economic entity becomes apparent. To study such an impact, it is necessary to involve modern

means of scientific research, but it is necessary to take into account two important features. First, innovations are always associated with an increased risk and significant volumes of investment resources. Secondly, the management of the innovation process can be carried out only on the basis of complete and reliable information.

Therefore, in order to make effective management decisions, taking into account such features of the innovation process, the most promising, in our opinion, is the possibility of economic and mathematical methods and models. And this, in turn, determines the relevance of conducting research on this topic.

Resent research and publications analysis. Theoretical and methodological approaches to the modeling of innovation processes were studied by I. Ansoff, R. Akoff, P. Drucker, and others. These topics are also considered in the works of Ukrainian scholars-economists. However, it should be noted that the problem of applying economic and mathematical methods and models for the study of innovation activities of economic entities requires further scientific and methodological elaboration. A number of sources have quite successful attempts to analyze this issue, but there are almost no work that would take into account the conditions of uncertainty and risk in the modeling of innovative behavior of business entities.

Paper objective is to substantiate the possibility and expediency of application of theoretical game models for the economic-mathematical modeling of innovative activity of subjects of management in conditions of uncertainty and risk.

Paper main body. The problem of controlling the innovative behavior of business entities in terms of uncertainty and risk can be solved using theoretical game models: a strategic matrix game with complete information, a statistical game in conditions of partial and complete uncertainty. But none of these models takes into account market competition and spatial-temporal structure of innovation, which leads to a significant formalization of the model and a decrease in its significance.

To construct an economics-mathematical model of innovative behavior of a business entity that combines logical and spatial aspects in conditions of uncertainty and risk, the model of cooperative game is the most promising one.

Particularly promising, in our opinion, may be the use of a model of cooperative games for solving two extremely important applied problems: the formation of a portfolio of innovations by business entities and cooperation of business entities in an innovative project with mixed financing.

Conclusions of the research. The proposed probabilistic-game approach to managing the innovation process of business entities has several advantages. It allows taking into account the uncertainty factor as determining in the modeling of innovation development. The mathematical apparatus of game theory gives an opportunity to quantify the result of such simulation, to investigate the effectiveness and priority of planned innovations, to form a full spectrum of possible scenarios of innovative development of business entities. Such an approach to managing the innovation process is not perfect, it has a number of significant shortcomings, but research in this area is a powerful theoretical and meth-

odological tool for identifying potential innovative opportunities of an enterprise and taking into account such opportunities in the development of strategic decisions.

Short Abstract for the article

Abstract. The conceptual bases of economic-mathematical modeling of innovative activity of subjects of management are considered. The state of the problem is analyzed, possibilities of application of modern methods and models for optimization of innovation process are revealed. The advantages of the probabilistic-game approach to the definition of optimal innovative strategies of economic entities under conditions of uncertainty and risk are substantiated.

Key words: innovation, innovation process, innovation strategy, business entity, economic and mathematical modeling, game theory, uncertainty and risk conditions, optimal strategy.

Article details:

Received: 14 January 2019

Revised: 11 February 2019

Accepted: 14 February 2019

Рекомендоване цитування: Гадецька С. В., Філатова Л. Д. Особливості моделювання інноваційної поведінки суб'єктів господарювання. *Економічна теорія та право*. 2019. № 1 (36). С. 73–88. DOI: 10.31359/2411-5584-2019-36-1-73.

Suggested Citation: Gadetska, S. V, & Filatova, L. D. (2019). Osoblyvosti modelivuvannya innovatsiinoi povedinky subiektiv hospodariuvannya [Features of modeling of innovative behavior of business entities]. *Ekonomichna teoriia ta pravo – Economic Theory and Law*, 1 (36), 73–88. DOI: 10.31359/2411-5584-2019-36-1-73.