

DOI: <https://doi.org/10.32782/city-development.2026.1-10>

УДК 330.46:331.101.262

ТЕОРІЯ ІГОР ЯК ІНСТРУМЕНТ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗВИТКУ ЛЮДСЬКОГО КАПІТАЛУ В УМОВАХ КОНКУРЕНТНОГО РИНКУ ПРАЦІ¹

Койбічук Віталія Василівна

кандидат економічних наук, доцент,
завідувач кафедри економічної кібернетики
Сумський державний університет
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3540-7922>

Пархоменко Дмитро Володимирович

здобувач освітнього ступеня «бакалавр»
Сумський державний університет
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5279-1879>

Сотник Ірина Миколаївна

доктор економічних наук, професор,
професор кафедри економіки, підприємництва
та бізнес-адміністрування
Сумський державний університет
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5787-2481>

Коваленко Євген Володимирович

кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри економіки, підприємництва
та бізнес-адміністрування
Сумський державний університет
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2111-9372>

Анотація. У статті досліджено застосування апарату теорії статистичних ігор для моделювання процесу прийняття рішень щодо інвестицій в людський капітал (вибір професії) в умовах економічної невизначеності. На прикладі гіпотетичної матриці виграшів для трьох освітніх траєкторій (ІТ, економічна, робітнича професія) проаналізовано вплив суб'єктивної схильності до ризику на оптимальний вибір. За допомогою критеріїв Вальда (максимін), Севіджа (мінімаксного ризику) та Гурвіца показано, що оптимальна стратегія залежить не від об'єктивної дохідності, а від психологічної установки індивіда: крайній песимізм призводить до вибору стабільної робітничої професії (S3), тоді як прагнення уникнути жалю про упущену вигоду — до вибору високоризикової ІТ-спеціальності (S1). Дослідження виявляє «пастку раціональності», де індивідуально раціональний вибір «безпечної» професії (S3), продиктований страхом фінансової катастрофи, може призводити до колективно субоптимального результату (дефіциту інноваційних кадрів на макрорівні). Наголошується на практичному застосуванні моделі у профорієнтації та обґрунтуванні державної політики, спрямованої на соціальне страхування ризиків з метою стимулювання вибору, оптимального для довгострокового економічного розвитку.

Ключові слова: теорія ігор, людський капітал, економічна невизначеність, вибір професії, критерій Вальда, критерій Севіджа, критерій Гурвіца, пастка раціональності.

¹ Публікація містить результати дослідження «Драйвери та бар'єри трансформації людського капіталу для циркулярної та зеленої економіки» (№0126U001080), що фінансується з держбюджету України.



Актуальність проблеми. В умовах сучасної економіки, що характеризується високим рівнем глобалізації, цифровізації та ринкової нестабільності, проблема формування та розвитку людського капіталу набуває особливої актуальності. Людський капітал є ключовим фактором економічного зростання, конкурентоспроможності держави та інноваційного розвитку, оскільки саме знання, навички та компетенції працівників визначають ефективність економічної системи [1]. Водночас, процес інвестування в людський капітал, зокрема вибір освітньої траєкторії та майбутньої професії, відбувається в умовах значної невизначеності. Люди змушені приймати стратегічні рішення без повної інформації про майбутній стан ринку праці, попит на окремі спеціальності та динаміку заробітної плати. Як зазначається в дослідженнях, ринок праці – це середовище стратегічної взаємодії між роботодавцями та працівниками, де результати залежать від очікувань та поведінки інших учасників [2, 3]. Традиційні підходи до аналізу вибору кар'єри здебільшого базуються на припущенні про індивідуальну раціональність та очікуваний дохід. Однак такі підходи недостатньо враховують фактори ризику, невизначеність та поведінкові аспекти прийняття рішень, зокрема індивідуальне неприйняття ризику, страх втрат та бажання максимізувати потенційний прибуток. Це зумовлює необхідність використання більш гнучких інструментів аналізу, які можуть враховувати стратегічний характер вибору та множинність можливих сценаріїв. У цьому контексті теорія ігор є ефективним методологічним інструментом дослідження, оскільки дозволяє формалізувати процес прийняття рішень в умовах невизначеності та взаємозалежності дій економічних агентів [3]. Зокрема, модель «гри з природою» дозволяє описати ситуацію, в якій людина обирає стратегію за відсутності інформації про ймовірності станів зовнішнього середовища, що характерно для довгострокових кар'єрних рішень [4].

Незважаючи на значні дослідження в галузі теорії ігор та людського капіталу, недостатньо уваги приділяється тому, як різні критерії прийняття рішень в умовах невизначеності (зокрема, критерії Вальда, Севіджа та Гурвіца) впливають на вибір освітньої траєкторії. Слід також зауважити, що недостатньо вивченим залишається явище, коли індивідуально раціональні рішення призводять до колективно неефективних результатів, зокрема, до дефіциту висококваліфікованих кадрів у стратегічно важливих секторах економіки.

Отже, існує наукова та практична потреба в розробці моделей, що враховують економічну невизначеність, поведінкові особливості людей

та стратегічний характер їхніх інвестиційних рішень у людський капітал.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні дослідження, що використовують інструменти теорії ігор для моделювання стратегічної поведінки учасників в умовах конфлікту або взаємозалежності, охоплюють різні сфери, зокрема стосуються аналізу ринкової конкуренції, аукціонів та тендерів, визначення умов угод, підвищення мотивації та ефективності прийняття рішень.

Так, наприклад, застосування теоретико-ігрового підходу дозволило авторам [5] дослідити вплив технологій, політики та ринків на уподобання фірм та працівників щодо гіг-праці, адже виникнення сучасної гіг-економіки вводить новий набір міркувань щодо зайнятості для фірм та працівників, які включають різні компроміси. Зокрема, автори продемонстрували, як зміна ринкових умов призводить до різних еволюційних моделей уподобань гіг-праці для висококваліфікованих та низькокваліфікованих працівників, та пояснили їхньою різною чутливістю до ринкового споживчого попиту та фінансових стимулів серед інших факторів. А також дослідили регуляторні наслідки в рамках гіг-економіки та визначили інтервали поблажливої та суворої політики щодо чутливості фірм та працівників до стратегій гіг-праці та праці найманих працівників.

Авторка праці [6] зазначає, що класична теорія ігор надає потужні інструменти для моделювання стратегічної взаємодії, проте часто не враховує соціальні, культурні та інституційні виміри людської поведінки. Тому, щоб для усунення наведеної прогалини Том Бернс та його колеги розробили узагальнену теорію ігор (УТІ), а пізніше соціологічну теорію ігор (ТГІ). УТІ/ТГІ здійснює моделювання на основі правил, аналізу норм та цінностей, множинні модальності визначення дій та різні типи рівноваги, пропонуючи чітку основу для розуміння стратегічної поведінки «гравців» у складних соціальних контекстах [5].

Велику зацікавленість викликає праця науковців [7], де автори оцінюють вплив освіти та професійних навичок працівників на економічне зростання в європейських країнах. Автори пропонують визначати цінність людського капіталу за такими критеріями, як інвестиції в освіту, дохід, історичні та експертні оцінки. Проведений аналіз головних компонент виявив, що саме внесок освіти та професійних навичок працівників в є найбільш впливовим на економічний розвиток кожної країни, зокрема, у зростання ВВП на душу населення.

Слід також відзначити дослідження [8], де автори розробили економіко-математичну

моделі ринку праці як динамічну гру, в якій взаємодіють працівники та роботодавці. Ринку праці розглядається як багатоперіодна гра, де у кожному періоді відбувається нове зіставлення працівників та фірм поведінки агентів (людей та роботодавців) є раціональними та стратегічними й їхні рішення залежать не тільки від теперішньої вигоди, а й від майбутніх наслідків.

У праці [9] науковці висвітлюють проблему адаптивності кваліфікованих кадрів за допомогою моделі «п'ятисторонньої гри». Автори розглядають батьків та студентів як раціональних співінвесторів, які оцінюють витрати на освіту та очікують відповідної фінансової віддачі. Це підтверджує інвестиційну природу освітнього вибору, проте у нашому дослідженні фокус здійснено виключно на індивідуальному рішенні абітурієнта в рамках моделі «гри з природою».

Мета статті полягає у необхідності формалізувати проблему вибору інвестиційної стратегії в людський капітал (вибір професії) в умовах економічної невизначеності за допомогою апарату теорії статистичних ігор (модель «гри з природою»), побудувати гіпотетичну матрицю вигравів для трьох альтернативних освітніх траєкторій та трьох можливих станів природи; визначити оптимальні стратегії вибору для індивіда, застосовуючи ключові критерії прийняття рішень в умовах невизначеності (Вальда, Севіджа, Гурвіца); проаналізувати та інтерпретувати вплив суб'єктивної схильності до ризику на кінцевий оптимальний вибір, а також виявити соціально-економічний феномен «пастки раціональності» та обґрунтувати практичне застосування моделі для профорієнтації та розробки державної політики, спрямованої на соціальне страхування ризиків.

Результати дослідження даної роботи полягають у формалізації вибору інвестиційної стратегії в людський капітал (вибір професії) як «гри з природою», де стратегіями виступають три освітні траєкторії: S1 – IT-спеціальність; S2 – економічна спеціальність, S3 – робітнича професія, а станами природи – три економічні сценарії (технологічний розвиток, стагнація, криза). Для визначення оптимального рішення застосовано ключові критерії в умовах невизначеності. Критерій Вальда (максимін) моделює крайній песимізм, критерій Севіджа (мінімізація максимального жалю) моделює прагнення уникнути упущеної вигоди, а критерій Гурвіца дозволяє знайти компроміс між крайнім оптимізмом і песимізмом, враховуючи суб'єктивну схильність особи до ризику через зважування найкращого та найгіршого можливих результатів.

Людський капітал визначається як знання, вміння, навички та атрибути працівників, що сприяють покращенню їхньої особистої, соці-

альної та економічної ефективності [1]. У конкурентному ринку праці роботодавці та працівники приймають стратегічні рішення щодо інвестицій в освіту, підвищення кваліфікації та винагород, що залежить від дій інших учасників [2]. Теорія ігор надає потужний інструмент для аналізу таких стратегічних взаємодій: вона моделює поведінку раціональних гравців, визначаючи оптимальні стратегії та рівновагу при взаємному прогнозуванні дій (гроші, зарплати, умови праці тощо) [3]. Згідно з дослідженнями [4], теорія ігор фокусується на моделюванні стратегічних взаємодій та допомагає прогнозувати економічні результати в конкурентних та кооперативних ситуаціях. Науковці характеризують, як поняття та моделі теорії ігор можуть застосовуватися для аналізу розвитку людського капіталу на ринку праці [1].

Отже, теорія ігор – це розділ прикладної математики, що широко застосовується в економічному аналізі стратегічних взаємодій між раціональними агентами.

Аналіз публікаційної активності у базі Scopus за даною тематикою (Рис. 1) підтверджує міждисциплінарний характер дослідження: найбільша частка робіт зосереджена у галузях Computer Science (25,3%), Engineering (17,2%) та Mathematics (14,3%), що корелює з обраними у даній статті траєкторіями розвитку людського капіталу

Вона забезпечує формальний підхід до моделювання ситуацій, де результат залежить від вибору стратегій усіма учасниками. Кожен гравець обирає стратегію, прагнучи максимізувати свою вигоду, у той час як результати залежать від комбінації стратегій усіх гравців. Центральною концепцією є рівновага Неша, при якій жоден гравець не має стимулу змінювати власну стратегію за умови, що всі інші залишаються при своїх стратегіях [5]. Рівновага Неша гарантує стабільний стан: якщо будь-хто з гравців відхилиться від свого вибору, його віддача не покращиться. Ігри можуть бути з нульовими сумами (виграш одного – програш іншого) або не-нульовими (виграші можуть бути взаємовигідними). У не-нульових іграх співпраця призводить до взаємних вигравів, що є більш реалістичною моделлю багатьох економічних ситуацій [6].

У економіці теорія ігор використовується для аналізу багатьох ринкових процесів. Зокрема, у ринковій праці вона моделює переговори про заробітну плату, стратегії пошуку роботи, укладення контрактів та інші взаємодії між роботодавцями й працівниками. Наприклад, моделі сигнальних ігор пояснюють, як освітні дипломи слугують сигналом про продуктивність робочої сили в умовах інформаційної асиметрії [7]. Загалом вважається, що «теорія ігор пропонує цінну

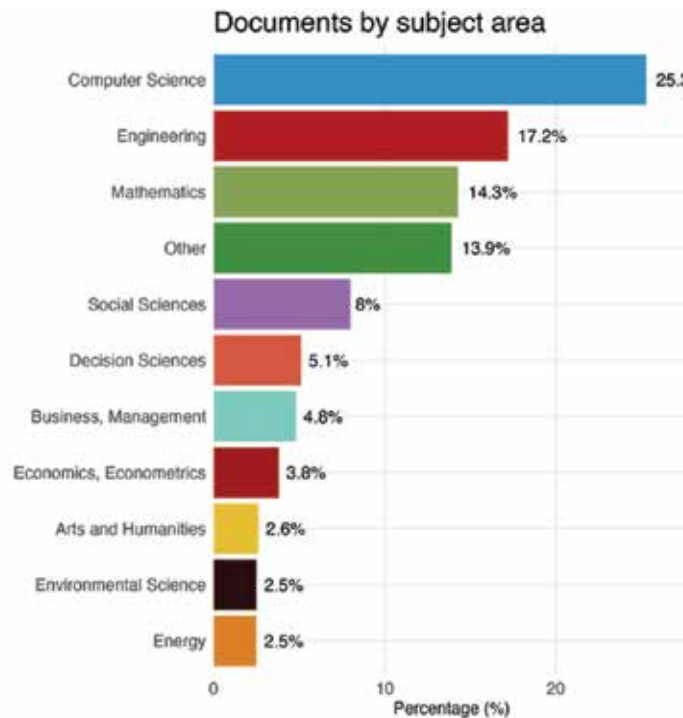


Рисунок 1 – Аналіз публікаційної активності у базі Scopus

Джерело: створено авторами на основі даних з бази scopus за ключовими словами *Game theory* в періоді з 1923–2026

перспективу для розуміння процесів на ринку праці, виділяючи стратегічну поведінку та сприяючи розробці політик у сфері зарплат і регулювання зайнятості». Це означає, що для вирішення завдань оптимізації праці та винагород на макро- та мікрорівнях рекомендовано застосовувати ігрові моделі з метою передбачення наслідків різних політичних рішень.

У сфері управління людським капіталом теорія ігор також використовується для аналізу внутрішньої динаміки фірм. Зокрема, у дослідженні Пандея та Чермак [8] показано, що оптимальною стратегією для фірми є постійне інвестування у навчання та розвиток персоналу, що відповідає рівновазі Неша, за якої фірма отримує вигоду від підвищеної продуктивності співробітників. У моделі цих авторів інвестиції в освіту працівника дають приріст продуктивності, який виплачується фірмою працівнику. Однак існує стратегічна невизначеність: працівник може «вимагати» увесь виграш, переходячи до іншого роботодавця після підвищення кваліфікації. Таким чином виникає конфлікт: хоча загальний потенційний виграш від навчання великий, окремим сторонам може бути невигідно інвестувати самостійно. Теорія ігор дозволяє формалізувати цю дилему та шукати механізми (наприклад, контракти чи стимули), які би зменшували невпевненість і стимулювали взаємовигідну співпрацю.

Формальний опис моделі «гри з природою» в умовах невизначеності містить множину аль-

тернативних стратегій гравця S_i (1), множину об'єктивних станів природи Θ_j (2) та матрицю виграшу (платіжну матрицю) $u(S_j, \Theta_j) = u_{ij}$, що визначає кількісний результат (виграш, дохід, корисність) для гравця, якщо він обрав стратегію S_j , а природа реалізувала стан Θ_j [9]:

$$S_i = \{S_1, S_2, \dots, S_m\}, \quad (1)$$

де S_i – i -та можлива дія або вибір, доступний особі, що приймає рішення (ОПР).

$$\Theta_j = \{\Theta_1, \Theta_2, \dots, \Theta_n\}, \quad (2)$$

Θ_j – це j -й можливий стан зовнішнього середовища, що не залежить від вибору гравця. Ймовірності настання цих станів невідомі.

$u(S_j, \Theta_j) = u_{ij}$, яка визначає кількісний результат (виграш, дохід, корисність) для гравця, якщо він обрав стратегію S_j , а природа реалізувала стан Θ_j .

Отже, платіжна матриця $A = \|u_{ij}\|$ має розмірність $m \times n$, де рядки відповідають m -стратегіям гравця, а стовпці – n -станам природи [10].

Критерій Вальда, також відомий як критерій гарантованого результату, моделює поведінку вкрай обережного, песимістично налаштованого гравця. Логіка критерію полягає у виборі стратегії, що гарантує найкращий результат за найгірших можливих умов. Математично це виражається як [9]:

$$S_{Wald}^* = \arg \max_i (\min_j u_{ij}) \quad (3)$$

Процедура застосування критерію включає два кроки:

1. для кожної стратегії S_j знаходиться найгірший можливий результат (мінімальний вигравш по рядку): $\min_j u_{ij}$ [10];

2. серед цих мінімальних значень обирається найбільше, і відповідна стратегія вважається оптимальною.

З поведінкової точки зору, цей критерій відображає мислення «краще синиця в руках». Гравець, що діє за Вальдом, ставить на перше місце безпеку та прагне уникнути катастрофічних втрат, навіть ціною відмови від потенційно високих вигравшів.

Критерій Севіджа (критерій мінімізації максимального ризику) пропонує принципово іншу логіку, фокусуючись не на абсолютних вигравшах, а на відносних втратах або «жалю». Він моделює поведінку особи, яка прагне мінімувати своє розчарування від «неправильно» прийнятого рішення. Для цього вводиться поняття «ризик» або «втрат від жалю» r_{ij} , яке розраховується як різниця між максимальним можливим вигравшем, який можна було б отримати в стані природи Θ_j , та реальним вигравшем u_{ij} :

$$r_{ij} = u_{kj} - u_{ij} \quad (4)$$

На основі отриманих значень (4) будується матриця ризиків $R = \|r_{ij}\|$. Оптимальною за критерієм Севіджа вважається стратегія, що мінімізує максимальний можливий ризик. Математично це записується так [11]:

$$S_{Savage}^* = \arg \arg (r_{ij}) \quad (5)$$

Цей критерій тісно пов'язаний з когнітивним упередженням, відомим як «страх жалю» (regret aversion). Людина, яка керується цим критерієм, найбільше боїться опинитися в ситуації «а що, якби...», коли вона бачить, що інший вибір приніс би значно кращий результат.

Критерій Гурвіца (критерій оптимізму-песимізму) є компромісним і дозволяє моделювати цілий спектр поведінкових установок від крайнього песимізму до крайнього оптимізму. Він вводить коефіцієнт оптимізму, що відображає суб'єктивну схильність гравця до ризику. Для кожної стратегії розраховується зважений результат H_j , що є лінійною комбінацією найкращого та найгіршого можливих результатів:

$$H_j = \alpha \cdot \max_j (u_{ij}) + (1 - \alpha) \cdot \min_j (u_{ij}), \quad (6)$$

де α — коефіцієнт оптимізму, що відображає суб'єктивну схильність особи до ризику. На основі розрахованих значень оптимальною обирається стратегія з максимальним показником H_j . Оптимальною обирається стратегія з максимальним значенням H_j .

Цей критерій є гнучким інструментом. При $\alpha = 0$ він повністю збігається з критерієм Вальда (модель абсолютного песиміста). При $\alpha = 1$ він перетворюється на критерій «максимум» (модель абсолютного оптиміста, який орієнтується лише на максимальний можливий вигравш). Проміжні значення α дозволяють моделювати більш збалансовані, прагматичні підходи [12].

Вибір між цими критеріями не є суто математичною задачею, а відображає фундаментально різні філософії прийняття рішень. Застосовуючи їх до проблеми людського капіталу, можна моделювати, як особи з різним соціально-економічним становищем, життєвим досвідом і, відповідно, різною схильністю до ризику, будуть приймати освітні рішення. Наприклад, людина з неможливою родиною, для якої фінансовий провал є катастрофою, може інтуїтивно схилитися до логіки за критерієм Вальда. Водночас людина з середнього класу, яка боїться «відстати від однолітків» і втратити можливості, може діяти відповідно до критерію Севіджа.

Розглянемо гіпотетичну, але реалістичну ситуацію: випускник школи стоїть перед вибором напряму подальшої освіти. Це рішення є довгостроковою інвестицією, оскільки воно визначатиме його кар'єрні та фінансові перспективи на найближчі 10–15 років. Дохідність цієї інвестиції значною мірою залежить від майбутнього стану ринку праці, який є невизначеним. Завдання полягає в тому, щоб формалізувати цю проблему у вигляді «гри з природою» та проаналізувати її за допомогою вищеписаних критеріїв.

Для побудови моделі розвитку людського капіталу в умовах конкурентного ринку праці визначимо три узагальнені стратегії та три можливі стани природи.

Розглянемо три можливі напрями професійного вибору. S_1 – це IT-спеціальність, зокрема F_2 (121) Інженерія програмного забезпечення, що характеризується високим потенціалом доходів і глобальним ринком праці. Водночас цей напрям відзначається значною конкуренцією, ризиком швидкого знецінення специфічних знань та залежністю від стану світового технологічного сектору. S_2 – економічна спеціальність, C_1 (051) Економіка та міжнародні економічні відносини (за спеціалізаціями), що традиційно вважається престижним і прибутковим напрямом, проте залишається вразливою до фінансових криз, а значна частина рутинних функцій у цій сфері поступово автоматизується. S_3 – робітнича професія, G_3 (141) Електрична інженерія, зокрема кваліфікований зварювальник або електрик, яка передбачає помірний, але стабільний рівень доходів, високий попит на внутрішньому ринку праці,

меншу залежність від глобальних економічних коливань та нижчі початкові інвестиції в освіту.

Стани природи (Θ) описано через три можливі сценарії розвитку економічного середовища. Θ_1 – стрімкий технологічний розвиток, що характеризується бумом у сфері інформаційних технологій, активною цифровою трансформацією всіх галузей економіки та високим попитом на технологічні й фінансові інновації. Θ_2 – економічна стагнація, за якої спостерігається повільне економічне зростання, низька інвестиційна активність, а також стабільний, проте обмежений попит на традиційні послуги та товари. Θ_3 – глибока економічна криза, що передбачає рецесію, масові скорочення робочих місць, передусім у високотехнологічних і фінансових секторах, які найпершими реагують на погіршення кон'юнктури. Водночас за такого сценарію може посилюватися попит на базові послуги, ремонтні та технічні роботи.

Для побудови платіжної матриці (u_{ij}) використано комбінований підхід, що базується на аналізі первинних даних ринку праці України станом на червень 2025 року [13]. Значення наведено в тисячах доларів США (еквівалент за купівельною спроможністю).

Значення елемента $u_{11}=3,3$ відображає найбільший можливий рівень виграшу та відповідає IT-галузі за умов сприятливої макроекономічної кон'юнктури. Такий рівень доходу обґрунтовується статистичними спостереженнями, відповідно до яких медіанна заробітна плата фахівців IT-сектору сягає близько 3300 умовних одиниць, що робить цю галузь найприбутковішою серед розглянутих альтернатив. Водночас у ситуації глибокого економічного спаду IT-ринок характеризується підвищеною нестабільністю, що призводить до суттєвого скорочення доходів. Це відображено значенням $u_{13}=0,5$, яке відповідає приблизно 500 умовним одиницям доходу. Такий результат пов'язаний із призупиненням проєктної діяльності, перебуванням спеціалістів у стані очікування (bench) або вимушеним припиненням трудової діяльності, що фактично знижує рівень доходу до мінімальних виплат або випадкових тимчасових заробітків.

Фінансовий сектор у фазі економічного зростання забезпечує порівняно високий, проте нижчий за IT, рівень доходу, що зафіксовано значенням

$u_{21}=2,1$ (2100 умовних одиниць). Разом із тим дана галузь є вразливою до макроекономічних потрясінь, що супроводжується скороченням зайнятості. Незважаючи на це, наявність універсальних професійних навичок дозволяє працівникам утримувати дохід дещо вище мінімального рівня, що відображено показником $u_{23}=0,6$ (600 умовних одиниць) у кризовому сценарії.

На відміну від IT- та фінансового секторів, робітничі спеціальності, зокрема електрики та зварювальники, характеризуються відносною стабільністю доходів упродовж усього економічного циклу. Попит на кваліфіковану робочу силу в цих професіях залишається стійким, оскільки потреба у технічному обслуговуванні та ремонтних роботах зберігається навіть за умов економічного спаду. Це знаходить відображення у значеннях $u_{3j} \in 1,0; 0,9; 0,8$, що відповідає доходам у діапазоні від 1000 до 800 умовних одиниць, де коливання мають помірний характер.

Таким чином, на основі даних [13] сформовано платіжну матрицю (табл. 1), що зводить проблему вибору до чіткої структури.

Критерій Вальда (максимін) описує поведінку суб'єкта, орієнтованого на песимістичний сценарій розвитку подій, і передбачає вибір стратегії, що забезпечує максимізацію гарантованого мінімального виграшу. Для кожної стратегії S_j визначається мінімальне значення виграшу серед усіх можливих станів природи Θ_j .

Для стратегії S_1 мінімальний виграш становить $\min(3.3; 2.3; 0.5) = 0.5$. Для стратегії S_2 мінімальний виграш дорівнює $\min(2.1; 1.7; 0.6) = 0.6$. Для стратегії S_3 мінімальний виграш складає $\min(1.0; 0.9; 0.8) = 0.8$.

Оптимальною за критерієм Вальда вважається стратегія, яка забезпечує максимальне значення серед мінімальних виграшів: $\max(0.5; 0.6; 0.8) = 0.8$. Таким чином, відповідно до критерію Вальда, оптимальною є стратегія S_3 (робітничі професія), оскільки вона гарантує найбільший мінімальний рівень виграшу за будь-якого стану природи.

Критерій Севіджа, або мінімаксного ризику, ґрунтується на концепції «жалю», що інтерпретується як відносна втрата внаслідок вибору не найкращої стратегії. Для застосування цього критерію необхідно побудувати матрицю ризиків.

Таблиця 1 – Матриця рішень (виграшів) для вибору освітньої траєкторії (в тис. у.о.)

Стратегія (S) / Стан (Θ)	Θ ₁ : Тех. Бум	Θ ₂ : Стагнація	Θ ₃ : Глибока криза
S ₁ : IT-спеціальність	3.3	2.3	0.5
S ₂ : Економічна спец.	2.1	1.7	0.6
S ₃ : Робітничі професія	1.0	0.9	0.8

Примітка: Значення 0.5 для IT у кризу відображає високий ризик втрати проєкту та переходу на допомогу з безробіття або низькокваліфіковану працю, тоді як 0.8 для робітника свідчить про стабільний попит на фізичні послуги.

Джерело: побудовано авторами на основі даних про заробітної плати за червень 2025 року [13]

На першому етапі для кожного стану природи Θ_j визначається максимальний можливий виграш серед усіх стратегій. Для стану Θ_1 (економічний бум) максимальний виграш становить $\max(3.3; 2.1; 1.0) = 3.3$. Для стану Θ_2 (стагнація) відповідне значення дорівнює $\max(2.3; 1.7; 0.9) = 2.3$.

Для стану Θ_3 (економічна криза) максимальний виграш складає $\max(0.5; 0.6; 0.8) = 0.8$.

На кінцевому етапі елементи матриці ризиків R_{ij} обчислюються як різниця між максимальним виграшем для відповідного стану природи та фактичним виграшем, отриманим за певної стратегії: $R_{ij} = V_{\max}(\Theta_j) - V_{ij}$. Отримана матриця ризиків використовується для подальшого вибору оптимальної стратегії за принципом мінімізації максимального можливого ризику.

Наступним кроком є вибір стратегії, яка мінімізує максимальний ризик (Мінімакс) (табл. 2).

Отже, в таблиця 2 відображено матрицю ризиків (втрат) за критерієм Севіджа (в тис. у.о.), де для стратегії S_1 ризики становлять: $3.3-3.3=0$, $2.3-2.3=0$, $0.8-0.5=0.3$; для S_2 : $3.3-2.1=1.2$, $2.3-1.7=0.6$, $0.8-0.6=0.2$; для S_3 : $3.3-1.0=2.3$, $2.3-0.9=1.4$, $0.8-0.8=0$. Отримані максимальні ризики по стратегіях становлять: $S_1 - 0.3$, $S_2 - 1.2$, $S_3 - 2.3$. Відповідно до мінімаксного критерію Севіджа оптимальною є стратегія S_1 (IT-спеціальність), оскільки мінімальний серед максимальних ризиків дорівнює 0.3. Застосування критерію Гурвіца ($H_i = \alpha \cdot \max(u_{ij}) + (1-\alpha) \cdot \min(u_{ij})$) за різних значень α демонструє стабільну перевагу стратегії S_1 . Для песимістичного випадку ($\alpha=0.2$) отримано: $H_1=1.06$, $H_2=0.90$, $H_3=0.84$; для нейтрального індивіда ($\alpha=0.5$): $H_1=1.90$, $H_2=1.35$, $H_3=0.90$; для оптимістичного випадку ($\alpha=0.8$): $H_1=2.74$, $H_2=1.80$, $H_3=0.96$. У всіх випадках максимальне значення має H_1 , що підтверджує оптимальність S_1 .

Аналіз точки переходу між стратегіями S_1 і S_3 базується на прирівнюванні їхніх очікуваних корисностей: $\alpha \cdot 3.3 + (1-\alpha) \cdot 0.5 = \alpha \cdot 1.0 + (1-\alpha) \cdot 0.8$, звідки $2.6\alpha = 0.3$ та $\alpha \approx 0.115$. Це означає, що лише за надзвичайно низького рівня оптимізму (α меншого за 0.115) раціональним стає вибір робітничої професії, тоді як за будь-якого більшого значення α оптимальною залишається стратегія S_1 .

Отже, узагальнені результати вибору оптимальної стратегії за критеріями Вальда, Севіджа та Гурвіца наведено в таблиці 3.

Аналіз результатів виявляє фундаментальний конфлікт між двома різними підходами до ризику. Критерій Вальда обирає стратегію S_3 , оскільки вона має найкращий найгірший результат (50 тис. у.о.). Це стратегія «не програти». Натомість критерій Севіджа обирає S_1 , бо вона має найменший максимальний жаль (20 тис. у.о.). Це стратегія «не шкодувати про втрачену можливість виграти по-крупному». Отже, вибір оптимальної стратегії залежить не стільки від об'єктивних даних платіжної матриці, скільки від суб'єктивної системи цінностей та психологічного профілю особи, що приймає рішення.

Отримані результати наочно демонструють, що в умовах невизначеності не існує єдиної «правильної» або «раціональної» стратегії. Вибір залежить від психологічної установки індивіда.

Вибір S_3 (робітнича професія) за критерієм Вальда відображає позицію консервативного індивіда, для якого стабільність, безпека та уникнення катастрофічних втрат є пріоритетними. Така особа готова відмовитися від потенційно високого доходу задля гарантії мінімально прийнятного результату. Вибір S_1 (IT-спеціальність) за критерієм Севіджа характеризує амбітного прагматика, схильного до ризику: він допускає можливість зниження доходу в умовах кризи, однак прагне уникнути

Таблиця 2 – Матриця ризиків (втрат) за критерієм Севіджа (в тис. у.о.)

Стратегія (S)	Θ_1 : Тех. розвиток	Θ_2 : Стагнація	Θ_3 : Криза
S_1 : IT-спеціальність	$3.3-3.3=0$	$2.3-2.3=0$	$0.8-0.5=0.3$
S_2 : Економічна спец.	$3.3-2.1=1.2$	$2.3-1.7=0.6$	$0.8-0.6=0.2$
S_3 : Робітнича професія	$3.3-1.0=2.3$	$2.3-0.9=1.4$	$0.8-0.8=0$

Джерело: побудовано авторами на основі логіки критерії Севіджа за даними таблиці №1

Таблиця 3 – Узагальнені результати оптимальної стратегії щодо отримання майбутньої професії

Критерій	Параметр	Оптимальна стратегія	Обґрунтування вибору
Вальда	-	S_3 : Робітнича професія	Максимізація гарантованого мінімуму (0.8 тис. у.о.)
Севіджа	-	S_1 : IT-спеціальність	Мінімізація максимального «жалю» (0.3 тис. у.о.)
Гурвіца	$\alpha < 0.115$	S_3 : Робітнича професія	Переважає вага найгіршого результату (крайній песимізм)
Гурвіца	$\alpha > 0.115$	S_1 : IT-спеціальність	Переважає вага найкращого результату (помірний оптимізм)

Джерело: побудовано авторами

психологічного дискомфорту, пов'язаного з упущеною вигодою під час технологічного буму. Домінування S_1 за критерієм Гурвіца в широкому діапазоні значень параметра α свідчить, що IT-спеціальність є найбільш привабливою альтернативою для більшості осіб, які не належать до категорії крайніх песимістів. Високий потенційний вигравш суттєво переважає ризик низького доходу в оцінці тих, хто бодай частково схильний до оптимізму.

Запропонований апарат теорії ігор та отримані результати мають значне практичне застосування у двох ключових сферах.

По-перше, в профорієнтації та кар'єрному консультуванні. Запропонований підхід рекомендовано використовуватися як інструмент, що допомагає абітурієнтам та їхнім батькам усвідомити власні пріоритети та схильність до ризику. Замість абстрактних порад, консультант може запропонувати подібну матричну модель, яка змушує особу замислитись: «Що для мене страшніше: заробити дуже мало чи упустити шанс заробити дуже багато?». Це допомагає зробити більш свідомий та обґрунтований вибір, що відповідає психологічному профілю людини.

По-друге, в державній освітній та економічній політиці. Розуміння того, як невизначеність впливає на освітній вибір, є критично важливим для уряду. Наприклад, в періоди економічної нестабільності та криз люди потечією масово схилиються до логіки Вальда, обираючи «безпечні», часто низькокваліфіковані професії (стратегія S_3). На макрорівні це призводить до довгострокової стагнації, браку інноваційних кадрів та втрати конкурентоспроможності економіки. Уряд

має протидіяти цій тенденції, впроваджуючи політики, що знижують ризики для стратегій типу S_1 : державні гранти на навчання за пріоритетними спеціальностями, податкові пільги для високотехнологічних секторів, програми страхування від безробіття та доступні курси перекваліфікації.

Висновки. Отримані результати щодо моделювання розвитку людського капіталу в умовах конкурентного ринку праці з використанням інструментів теорії ігор засвідчили, що критерій Вальда (максимін) моделює крайній песимізм і призводить до вибору оптимальної стратегії S_3 , тобто вступати у вищий навчальний заклад для отримання робітничої професії, оскільки вона гарантує найкращий мінімальний дохід 50 тис. у.о. у порівнянні з доходами при отриманні інженерної S_1 або економічної S_2 спеціальності.

Проте, за допомогою критерій Севіджа (мінімізація максимального жалю) змодельовано прагнення уникнути упущеної вигоди та визначено, що оптимальною є стратегію S_1 (IT-спеціальність). Й критерій Гурвіца показав, що стратегія S_1 є домінуючою для більшості індивідів, чий коефіцієнт оптимізму α перевищує 0.115. Таким чином, аналіз доводить, що вибір оптимальної стратегії критично залежить не від об'єктивної платіжної матриці, а від суб'єктивної схильності індивіда до ризику. Отримані результати має практичне значення для кар'єрного консультування та обґрунтування державної політики, спрямованої на зниження ризиків високотехнологічних професій з метою подолання «пастки раціональності» (де індивідуально безпечний вибір S_3 призводить до колективного дефіциту інноваційних кадрів).

Бібліографічний список:

1. Human capital: Investopedia. URL: <https://www.investopedia.com/terms/h/humancapital.asp> (дата звернення: 19.12.2025).
2. Stevens M. Human Capital and Competition: Strategic Complementarities in Firm-based Training : SKOPE Research Paper No. 114. Oxford : University of Oxford, 2013. URL: <https://skope.ox.ac.uk/wp-content/uploads/2020/07/WP114.pdf> (дата звернення: 19.12.2025).
3. Вступ до теорії ігор. Українські LibreTexts. URL: https://ukrayinska.libretxts.org/Соціальні_науки/Економіка/Книга%3A_Економіка_продовольчих_та_сільськогосподарських_ринків_%28Barkley%29/06%3A_Теорія_ігор/6.01%3A_Вступ_до_теорії_ігор (дата звернення: 19.12.2025).
4. Game theory. Wikipedia. URL: <https://www.rand.org/pubs/reports/R0904z1.html> (дата звернення: 19.12.2025).
5. Nash equilibrium. Wikipedia. URL: <https://www.britannica.com/science/Nash-equilibrium> (дата звернення: 19.12.2025).
6. Zero-sum game and non-zero-sum game: Corporate Finance Institute. URL: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/economics/zero-sum-game-non-zero-sum/> (дата звернення: 19.12.2025).
7. Johari R. Lecture Notes on Game Theory. Stanford University, 2007. URL: https://web.stanford.edu/~rjohari/teaching/notes/246_lecture16_2007.pdf (дата звернення: 19.12.2025).
8. Pandey D. L., Chermack T. J. Game Theory and Strategic Human Resource Management. URL: https://www.researchgate.net/publication/249631551_Game_Theory_and_Strategic_Human_Resource (дата звернення: 19.12.2025).
9. Game Theory. Scribd. URL: https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_memoranda/2008/RM679.pdf?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 19.12.2025).
10. Теорія ігор. Studfile. URL: <https://or.engineeringcodehub.com/en/latest/Decision%20Theory/tutorials/DT%20Intro.html> (дата звернення: 19.12.2025).

11. Правило мінімаксу та критерій Севіджа. Бібліотека підручників. URL: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://learn.ztu.edu.ua/mod/resource/view.php%3Fid%3D135262&ved=2ahUKEwiPrt-u_t2RAXWvBNsEHeNPB_oQFnoECBoQAQ&usg=AOvVaw0ul9qElw-NkfQp5i2w0_Gq (дата звернення: 19.12.2025).
12. Hurwicz criterion. Systems Analysis. URL: https://systems-analysis.ru/eng/Hurwicz_criterion (дата звернення: 19.12.2025).
13. Salary dataset of developers (June 2025). Developers.org.ua. URL: https://github.com/devua/csv/blob/master/salaries/2025_june_raw.csv (дата звернення: 19.12.2025).

References:

1. Human capital: Investopedia. Available at: <https://www.investopedia.com/terms/h/humancapital.asp> (accessed: 19.12.2025).
2. Stevens M. Human Capital and Competition: Strategic Complementarities in Firm-based Training : SKOPE Research Paper No. 114. Oxford : University of Oxford, 2013. Available at: <https://skope.ox.ac.uk/wp-content/uploads/2020/07/WP114.pdf> (accessed: 19.12.2025).
3. Introduction to Game Theory. Ukrainian LibreTexts. Available at: https://ukrayinska.libretexts.org/Соціальні_науки/Економіка/Книга%3А_Економіка_продовольчих_та_сільськогосподарських_ринків_%28Barkley%29/06%3А_Теорія_ігор/6.01%3А_Вступ_до_теорії_ігор (accessed: 19.12.2025).
4. Game theory. Wikipedia. Available at: <https://www.rand.org/pubs/reports/R0904z1.html> (accessed: 19.12.2025).
5. Nash equilibrium. Wikipedia. Available at: <https://www.britannica.com/science/Nash-equilibrium> (accessed: 19.12.2025).
6. Zero-sum game and non-zero-sum game: Corporate Finance Institute. Available at: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/economics/zero-sum-game-non-zero-sum/> (accessed: 19.12.2025).
7. Johari R. Lecture Notes on Game Theory. Stanford University, 2007. Available at: https://web.stanford.edu/~rjohari/teaching/notes/246_lecture16_2007.pdf (accessed: 19.12.2025).
8. Pandey D. L., Chermack T. J. Game Theory and Strategic Human Resource Management. Available at: https://www.researchgate.net/publication/249631551_Game_Theory_and_Strategic_Human_Resource (accessed: 19.12.2025).
9. Game Theory. Scribd. Available at: https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_memoranda/2008/RM679.pdf?utm_source=chatgpt.com (accessed: 19.12.2025).
10. Game Theory. Studfile. Available at: <https://or.engineeringcodehub.com/en/latest/Decision%20Theory/tutorials/DT%20Intro.html> (accessed: 19.12.2025)
11. Minimax rule and Savage criterion. Textbook library. Available at: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://learn.ztu.edu.ua/mod/resource/view.php%3Fid%3D135262&ved=2ahUKEwiPrt-u_t2RAXWvBNsEHeNPB_oQFnoECBoQAQ&usg=AOvVaw0ul9qElw-NkfQp5i2w0_Gq (accessed: 19.12.2025).
12. Hurwicz criterion. Systems Analysis. Available at: https://systems-analysis.ru/eng/Hurwicz_criterion (accessed: 19.12.2025).
13. Salary dataset of developers (June 2025). Developers.org.ua. Available at: https://github.com/devua/csv/blob/master/salaries/2025_june_raw.csv (accessed: 19.12.2025).

GAME THEORY AS A TOOL FOR MODELING HUMAN CAPITAL DEVELOPMENT IN A COMPETITIVE LABOR MARKET

Vitalia Koibichuk

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Economic Cybernetics
Sumy State University

Dmytro Parkhomenko

Bachelor's Degree Candidate
Sumy State University

Iryna Sotnyk

Doctor of Economic Sciences, Professor,
Professor of the Department of Economics,
Entrepreneurship and Business Administration
Sumy State University

Yevhen Kovalenko

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Economics,
Entrepreneurship and Business Administration
Sumy State University

Summary. The article investigates the application of statistical game theory to model decision-making regarding human capital investments (career choice) under economic uncertainty. The authors formalize the choice of an educational trajectory as a "game with nature", where strategies include IT, economics, and vocational professions, while states of nature encompass technological boom, stagnation, and deep crisis scenarios. Using Wald, Savage, and Hurwicz criteria, the impact of subjective risk appetite on the optimal choice is analyzed. It is proven that the optimal strategy depends on the individual's psychological attitude: extreme pessimism leads to choosing a stable vocational profession, whereas the desire to avoid regret over missed opportunities leads to a high-risk IT specialty. The study identifies a "rationality trap", where individually rational choices of "safe" professions may cause a macroeconomic deficit of innovative personnel. The practical application of the model in career guidance and government policy for social risk insurance is substantiated to stimulate choices optimal for long-term economic development.

Keywords: game theory, human capital, economic uncertainty, career choice, Wald criterion, Savage criterion, Hurwicz criterion, rationality trap.

Дата надходження статті: 27.01.2026

Дата прийняття статті: 20.02.2026

Дата публікації статті: 09.03.2026