

Міністерство освіти і науки України
Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка
Фізико-математичний факультет
Кафедра математики

Дипломна робота магістра

з теми: **“МЕТОДИ ТЕОРІЇ ІГОР В ЕКОНОМІЧНИХ
ДОСЛІДЖЕННЯХ”**

Виконав: Чижевський Д.В,
студент 2 курсу ступеня вищої
освіти магістр, групи М1-М24
спеціальності 014 Середня освіта
(Математика)

Керівник: **КОВАЛЬСЬКА І. Б.**,
кандидат фізико-математичних
наук, доцент

Рецензент: **ЗЕЛЕНСЬКИЙ О. В.**,
кандидат фізико-математичних
наук, доцент

Кам'янець-Подільський – 2025

ЗМІСТ	
ВСТУП	3
РОЗДІЛ I. ІСТОРИЧНІ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ТЕОРІЇ ІГОР	11
1.1. Витоки та становлення теорії ігор	12
1.2. Некоперативні та кооперативні ігри: базові класифікації	12
1.3. Структура гри: гравці, стратегії, інформація, виграші	13
1.4. Стратегічна та розширена форма гри	13
1.5. Ігри з повною, неповною та асиметричною інформацією	14
1.6. Динамічні взаємодії та повторювані ігри	14
1.7. Еволюційні та поведінкові аспекти	14
1.8. Ігри з нульовою та ненульовою сумою	15
1.9. Огляд класичних економічних застосувань	15
1.10. Мережева взаємодія та ігри на графах	16
1.11. Методологічні обмеження теорії ігор	16
1.12. Історичний огляд сучасних шкіл досліджень	16
РОЗДІЛ II. РІВНОВАГА НЕША ТА АНАЛІЗ МАТРИЧНИХ ІГОР	17
2.1. Джон Неш: науковий внесок та концептуальна спадщина	17
2.2. Формальні визначення: стратегія, найкраща відповідь, домінування	17
2.3. Рівновага Неша: інтуїція, формалізація та приклади	17
2.4. Матричні ігри та принцип мінімаксу	21
РОЗДІЛ III. ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ТЕОРІЇ ІГОР В ЕКОНОМІЦІ	27
3.1. Аукціони та конкурентні торги: стратегічна структура	27
3.2. Переговори: моделі Рубінштейна та їх інтерпретація	29
3.3. Публічні блага та спільні ресурси: проблема безбілетника	30
3.4. Інформаційні асиметрії: сигналізація та скринінг	30
РОЗДІЛ 4. ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ ІГОР ПРИ РОЗВ'ЯЗУВАННІ ЕКОНОМІЧНИХ ЗАДАЧ	37
4.1. Цінова конкуренція двох автозаправних станцій як дилема в'язня	38
4.2. Вибір маркетингового каналу для онлайн-курсів: координаційна гра зі змішаними стратегіями	
4.3. Вхід на ринок і бар'єри входу: послідовна гра «існуючий виробник – потенційний конкурент»	40
4.4. Переговори постачальника з торговельною мережею: модель бартера за Нешем	41
ЗВИСНОВКИ	43
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	47

ВСТУП

Актуальність теми. У ХХІ столітті економічні процеси стають дедалі більш взаємопов'язаними, стратегічними та залежними від очікувань і поведінки багатьох суб'єктів – від домогосподарств і фірм до державних регуляторів і міжнародних інституцій. У таких умовах класичні моделі «ціні-кількості» не завжди дозволяють коректно пояснювати і передбачати результати взаємодій, де вирішальними є не лише технологічні обмеження та вподобання, а й уявлення кожного гравця про можливі кроки інших. Теорія ігор – формальна мова та інструментарій для аналізу стратегічної взаємодії – саме і виникла як відповідь на цю аналітичну потребу і сьогодні є одним з найвпливовіших напрямів сучасної економічної теорії [1]. Вона поєднує математичну строгість із практичною інтерпретацією на ринках з недосконалою конкуренцією, у регуляторній політиці, торгах, контрактах, переговорах, міжнародній економіці та поведінкових фінансах [8].

Проблемне поле дослідження. Незважаючи на значний прогрес у розумінні рівноважних концепцій (Нешевська рівновага, субігрова досконалість, послідовна рівновага тощо), перед практикою стоїть питання: як саме потрібно моделювати реальні ринкові ситуації, де гравці мають асиметричну інформацію, різні рівні раціональності, обмежений час на ухвалення рішень і піддаються поведінковим викривленням? Відповідь на це питання потребує синтезу класичних ідей некооперативної теорії ігор з емпіричними знахідками експериментальної економіки, індустріальної організації та поведінкових наук [18]. Особливо актуальним для українського контексту є застосування теорії ігор до аналізу конкурентної поведінки фірм у середовищі обмеженого попиту, регуляторної невизначеності, постінфляційних

очікувань і шоків безпеки, коли стратегічні дії можуть мати зовнішні ефекти для цілих ланцюгів постачань та ринкових екосистем.

Об'єкт дослідження – стратегічні взаємодії економічних агентів у ринковому середовищі. Предмет дослідження – теоретичні моделі та методи теорії ігор, що використовуються для опису, пояснення й прогнозування результатів взаємодії між фірмами, споживачами та регуляторами в умовах повної та неповної інформації.

Мета дослідження – розробити цілісну рамку застосування теорії ігор до аналізу ключових економічних ситуацій (цінова й кількісна конкуренція, бар'єри входу, змова, торги та аукціони, регуляторна взаємодія) з урахуванням інформаційних обмежень і поведінкових аспектів. Для досягнення мети поставлено такі завдання: (1) систематизувати базові поняття і класи ігор (статичні/динамічні; з повною/неповною та симетричною/асиметричною інформацією) [9]; (2) розглянути головні рівноважні концепції та їхній зміст у прикладних контекстах (Неш, субігрова досконалість, Байєсівські рівноваги) [8]; (3) показати, як некооперативні моделі пояснюють ринкову владу, стратегічні зобов'язання та бар'єри входу (моделі Курно, Бертрана, Штакельберга, сигналізація та екранування) [7;]; (4) окреслити інструменти механізм-дизайну та аукціонної теорії й їх практичне значення [15]; (5) інтегрувати уроки експериментальної та поведінкової економіки для кращого розуміння відхилень від класичної раціональності [13; 18].

Методологічна основа. Робота спирається на методи некооперативної теорії ігор: формалізацію стратегічних форм (normal form) і розгортку (extensive form), аналіз найкращих відповідей і фіксованих точок, індукцію назад, Байєсівські оновлення та рівноваги у змішаних стратегіях [2; 9]. Додатково використано елементи механізм-дизайну (принцип розкриття, стимулювальна

сумісність), аукціонної теорії (правила торгів, дохідність, ефективність), індустріальної організації (моделі олігополії) і поведінкової економіки (обмежена раціональність, соціальні уподобання, норми справедливості) [8].

Теоретико-методологічну базу становлять класичні праці Дж. фон Неймана і О. Моргенштерна, які заклали фундамент теорії ігор як математичної дисципліни для суспільних наук [1], статті Дж. Неша про рівновагу в некооперативних іграх [2], а також підручники і монографії, що стали стандартами: М. Осборна та А. Рубінштейна [9], Р. Мейерсона [8], Д. Фуденберга та Ж. Тіроля [7], А. Мас-Колеля, М. Вінстона і Дж. Гріна [12]. Експериментально-поведінковий вимір спирається на результати К. Камерера і збірник К. Кейгела та А. Рота [13]. Практичним містком до політики конкуренції, регуляції та контрактного дизайну слугують внески у механізм-дизайн та аукціони [15].

Наукова новизна полягає у поєднанні класичного апарату некооперативної теорії ігор з поведінковими і експериментальними інсайтами для пояснення реальних ринкових явищ, характерних для економіки перехідного типу та ринків, що зазнають шоків пропозиції/попиту. У роботі пропонується структурована рамка, яка дозволяє: (а) віднести конкретну економічну ситуацію до типології ігор; (б) вибрати релевантну рівноважну концепцію; (в) оцінити чутливість рівноважних прогнозів до припущень щодо інформації та раціональності; (г) сформулювати практичні рекомендації щодо політики ціноутворення, контрактів і регуляторних інтервенцій.

Практичне значення. Описана рамка застосовується до типових бізнес-кейсів: цінові війни і загрози демпінгу; кількісні змагання і стратегічні зобов'язання; бар'єри входу та лімітне ціноутворення; інформативні та

маніпулятивні сигнали на ринку; дизайн аукціонів для приватизації або закупівель; контракти, що враховують стимулювальну сумісність та асиметрію інформації. Для державної політики робота ілюструє, як теорія ігор допомагає оцінювати наслідки регуляторних рішень, передбачати відповіді приватних агентів та коригувати правила гри для досягнення ефективніших або справедливіших результатів [4].

Дослідницька гіпотеза полягає в тому, що в більшості ключових галузевих ситуацій результати, що спостерігаються на практиці, можуть бути інтерпретовані як рівноважні відповіді раціональних (або квазіраціональних) гравців за наявності інформаційних обмежень і стратегічних очікувань. Відповідно, основні дослідницькі питання такі: (1) які припущення щодо інформації (повної/неповної, симетричної/асиметричної) є критично важливими для прогнозу? (2) яку рівноважну концепцію обрати для даної динамічної взаємодії (послідовна, перфектна у змішаних стратегіях, Байєсівська)? (3) як поведінкові чинники змінюють передбачення класичних моделей і що це означає для політики та бізнес-рішень [2]?

Емпірична й ілюстративна база. Для демонстрації застосовності робляться теоретичні приклади (Курно vs Бертран; зобов'язання лідера у Штакельберга; сигналізація за Спенсом; аукціони першої/другої ціни, англійський та голландський формати; прості механізми з однотипними/різностипними учасниками) та короткі кейс-нариси з практики конкурентної політики і державних закупівель. За можливості посилаємося на емпіричні результати експериментів і польових досліджень з класичних джерел [13].

Структура роботи. Дипломна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків і списку використаних джерел. У першому розділі подано огляд основ теорії ігор, класифікацію ігор та рівноважних концепцій, а також методичні засади моделювання стратегічної взаємодії. У другому розділі розглядаються моделі ринкової взаємодії фірм (цінова, кількісна та змішана конкуренція; бар'єри входу; змова; стратегічні зобов'язання) з урахуванням інформаційних обмежень. У третьому розділі аналізуються інструменти механізм-дизайну й аукціонної теорії та їхні застосування в регуляторній політиці, приватизаційних і закупівельних процедурах, а також окреслюється внесок поведінкової та експериментальної економіки у вдосконалення прогнозів. У висновках підсумовано результати, теоретичні та прикладні імплікації, обмеження й напрями подальших досліджень.

Історичний контекст. Витоки теорії ігор пов'язують із працею Дж. фон Неймана «Zur Theorie der Gesellschaftsspiele» (1928) і монографією «Theory of Games and Economic Behavior» (1944), де разом з О. Моргенштерном було закладено аксіоматичні основи корисності та підходи до кооперативних ігор [1]. Подальший прорив здійснив Дж. Неш (1950–1951), сформулювавши поняття рівноваги, що стало універсальним критерієм взаємної найкращої відповіді гравців [2]. У 1980–1990-х роках відбулося «динамізування» теорії ігор – завдяки індукції назад, субігровій досконалості, послідовній рівновазі та Байєсівській формалізації неповної інформації (Кройцер, Рубінштейн, Селтен, Гроссман–Мілгром тощо), що зробило її центральним інструментом індустріальної організації та контрактної теорії [9].

Понятійно-категоріальний апарат. Для коректного моделювання важливо розрізняти статичні ігри (одночасний вибір стратегій) і динамічні ігри (послідовні ходи), одноразові і повторювані взаємодії, а також режими

інформації – від повної до неповної. Рівновага Неша в чистих або змішаних стратегіях забезпечує внутрішню узгодженість очікувань, тоді як для динамічних ігор коректним уточненням є субігрова досконалість (Селтен) та послідовна рівновага (Кройцер–Вілсон). Для ігор з неповною інформацією застосовують Байєсівські рівноваги, що поєднують стратегії та вірування, узгоджені правилом Баєса [8].

Ринки з недосконалою конкуренцією. У промисловій організації базові моделі Курно та Бертрана пояснюють, як стратегічна взаємодія кількісних або цінових виборів формує ринкові результати – від монополістичних до наближених до конкурентних. Лідерство за Штакельбергом демонструє роль послідовності ходів, а можливість комунікації – ризики змови й колюзії. Додання неповної інформації (асиметрії витрат, приватні типи) суттєво змінює передбачення й може породжувати сигналізацію та скринінг [7; 11].

Механізм-дизайн та аукціони. Задача полягає у побудові правил гри, що спрямовують приватні стимули учасників до суспільно бажаних результатів. Ключовими є принцип розкриття та умови стимулювальної сумісності. Аукціонна теорія пропонує класифікацію форматів торгів і результати щодо еквівалентності доходів, ризик-нейтральності та ролі інформації, що має безпосередній сенс для політики приватизації, розподілу радіочастот, державних закупівель і B2B-ринків [15].

Поведінкові та експериментальні аспекти. Експериментальні ігри «ультиматуму», «довіри» та «публічних благ» показали стійкі відхилення від передбачень класичних моделей раціональності, зокрема значення справедливості, взаємності та норм. Це зумовило розширення моделей для урахування соціальних уподобань, обмеженої раціональності та навчання в

повторюваних іграх. У практичних умовах бізнесу та політики це означає, що результати можуть залежати не лише від інформаційної структури, а й від культурного та інституційного контексту.

Обмеження дослідження. Будь-яка формалізація вимагає припущень. У фокусі цієї роботи – некооперативні моделі з раціональними гравцями; кооперативні аспекти (ядро, Шеплі, баргейніг) розглядаються стисло. Кількісна емпірична верифікація результатів обмежена, акцент зроблено на теоретичних прикладах та узагальненні усталених емпіричних висновків з літератури. Це зумовлено метою створити прикладну рамку, придатну для подальшого наповнення галузевими даними.

Очікуваний внесок. Для академічної спільноти робота систематизує мостові зв'язки між рівноважними концепціями та прикладними задачами, пропонуючи зручну карту для вибору моделі під конкретну ситуацію. Для практиків – надає інтерпретативні підказки щодо стратегічних рішень і регуляторних наслідків, ілюструючи, як невеликі зміни правил або інформаційного середовища можуть радикально змінювати рівноважні результати.

Етичні та політичні виміри. Стратегічні моделі застосовуються не лише у бізнесі, а й у суспільних рішеннях – від антимонопольної політики до регулювання цифрових платформ та публічних закупівель. Це ставить завдання враховувати етичні аспекти: прозорість механізмів, недискримінацію учасників, справедливий доступ до інформації та мінімізацію можливостей для маніпуляцій. У роботі окреслюються загальні принципи «безпечного» застосування механізмів і аукціонів відповідно до найкращих практик [15; 14].

Таким чином, теорія ігор забезпечує універсальний апарат для аналізу стратегічних ситуацій у сучасній економіці. Застосовуючи його до ринків з недосконалою конкуренцією, регуляторних взаємодій і механізм-дизайну, ми можемо підвищити пояснювальну й прогностичну силу економічних моделей, а відтак – якість бізнес-рішень і державної політики. Представлений далі матеріал спрямований на побудову послідовної та практично корисної рамки, яка поєднує строгість формальних визначень із чутливістю до реалій інформаційної асиметрії та поведінкових особливостей учасників ринку.

ВИСНОВКИ

Дипломна робота була присвячена дослідженню теорії ігор як інструменту аналізу стратегічної поведінки економічних агентів з особливим акцентом на можливість її використання без надмірного занурення в складний математичний апарат. У центрі уваги опинилися як теоретичні засади цієї галузі, так і її прикладні виміри, що дозволяють інтерпретувати реальні економічні сюжети крізь призму раціонального вибору, очікувань та взаємозалежності рішень різних гравців. Отримані результати підтверджують, що теорія ігор є потужним, але водночас гнучким інструментом, здатним поєднувати строгість формальних моделей з інтуїтивною інтерпретованістю для широкої аудиторії – від студентів та дослідників до практиків у сфері економічної політики й бізнесу.

У першому розділі було показано, що теорія ігор сформувалася як міждисциплінарний напрям, який поєднує ідеї математики, економіки та соціальних наук. Класичні внески Дж. фон Неймана, О. Моргенштерна, Дж. Неша, Дж. Харшані, Р. Селтена та інших дослідників заклали основу для сучасного розуміння стратегічної взаємодії. Розгляд історії розвитку теорії ігор продемонстрував, що за відносно короткий час вона пройшла шлях від абстрактних моделей двох осіб з нульовою сумою до розгалуженого апарату аналізу кооперативних і некооперативних ігор, динамічних процесів, ігор з неповною та асиметричною інформацією, еволюційних моделей і мережевих взаємодій. Важливо, що вже на цьому етапі було підкреслено: методологічною «серцевиною» теорії ігор є не складність формул, а структуроване мислення про гравців, стратегії, інформацію та виграші, яке може бути подане у наочній формі без втрати змісту.

Другий розділ був присвячений рівноважним концепціям, насамперед рівновазі Неша, та їхньому застосуванню до аналізу простих матричних ігор. Було продемонстровано, що поняття рівноваги Неша, попри свою математичну формальність, має прозору інтерпретацію: це такий профіль стратегій, за якого жоден з гравців не має стимулу односторонньо змінювати свою поведінку. На прикладі дилеми в'язня, координаційних ігор, моделей олігополії та базових конфліктних ситуацій було показано, як рівновага Неша дозволяє пояснити виникнення стабільних, але не завжди ефективних результатів. Важливим результатом стало те, що навіть у спрощеній, подачі можливо передати інтуїцію щодо домінуючих стратегій, найкращих відповідей, множин рівноваг та їхньої стійкості. Окрему увагу приділено обмеженням класичної теорії раціонального вибору та ролі поведінкових чинників, що в реальних умовах можуть відхиляти результати від передбачень стандартних моделей.

У третьому розділі акцент було перенесено на економічні застосування теорії ігор, де вона виступає інструментом не лише пояснення, а й проектування «правил гри». На матеріалі аукціонів і конкурентних торгів показано, що зміна формату аукціону (першої чи другої ціни, відкритого чи закритого, прямих чи зворотних торгів) істотно впливає на рівноваги, доходи продавця, стимули до участі та ризику змов. Аналіз переговорних моделей продемонстрував значення терплячості, зовнішніх альтернатив і часової структури пропозицій для розподілу виграшу між сторонами. Особливу роль відіграли підходи механізм-дизайну, сигналізації та скринінгу, які дозволяють осмислити, як у середовищі асиметричної інформації можна сконструювати стимули до правдивого розкриття інформації та добровільної участі. Розгляд публічних благ, спільних ресурсів, мережевих ефектів і координаційних ігор дав змогу зрозуміти, чому індивідуально раціональна поведінка може

призводити до колективно неефективних результатів і які інституційні механізми здатні наблизити систему до більш бажаних станів.

Окреме значення має кейс-дослідження електронного аукціону державних закупівель, у якому теоретичні ідеї були застосовані до конкретної, практично важливої ситуації. Визначення гравців (замовник, постачальники, органи контролю), послідовності їхніх дій, інформаційних обмежень і можливих стратегій дозволило побачити, як вибір критеріїв оцінювання (лише найнижча ціна чи комплексний індекс «ціна-якість-досвід»), структура санкцій і репутаційних наслідків, а також інтенсивність контролю визначають тип рівноваги, що фактично реалізується в системі. Було показано, що «простий» механізм із домінуванням критерію найнижчої ціни може породжувати стратегії демпінгу, виходу сумлінних учасників з ринку, часті зриви контрактів і довгострокові перевитрати, тоді як більш складні, але краще продумані механізми здатні підтримувати чесну конкуренцію за якістю, знижувати ризики змов і наближати результати до суспільно ефективних. Цей кейс наочно підтверджує, що теорія ігор є не лише засобом «читання» реальності, а й інструментом її зміни через свідоме конструювання правил.

У четвертому розділі роботи продемонстровано прикладний потенціал теорії ігор через побудову та аналіз низки економічних моделей, які відображають типові ситуації ринкової взаємодії. На конкретних прикладах цінової конкуренції двох фірм, вибору маркетингових каналів, входу нового учасника на ринок, переговорів постачальника з торговельною мережею та кооперативного розподілу спільних витрат із використанням значення Шеплі показано можливість формалізації реальних економічних конфліктів і координаційних задач у термінах теорії ігор. Розв'язання цих задач дає змогу не лише отримати кількісні оцінки вигравів учасників, а й зробити якісні

висновки щодо доцільності тих чи інших стратегій, стійкості до відхилень і справедливості розподілу результатів взаємодії. Таким чином, четвертий розділ органічно поєднує теоретичні результати попередніх частин роботи з практикою економічного аналізу, підкреслюючи значення теорії ігор як інструмента прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Сукупність одержаних результатів дозволяє зробити кілька узагальнень. По-перше, теорія ігор, попри сформований образ «складної» математичної дисципліни, може бути подана у форматі, доступному для широкого кола користувачів без спеціальної математичної підготовки. Ключем до цього є акцент на структурі ситуації (гравці, стратегії, інформація, виграші), якісній інтерпретації рівноваг і системному використанні прикладів із реальної економічної практики. По-друге, саме поєднання теоретичних моделей з кейс-дослідженнями створює той рівень глибини, який дає змогу одночасно зберігати строгість і досягати практичної релевантності: ідеї аукціонного дизайну, механізм-дизайну, сигналізації та публічних благ набувають змісту лише тоді, коли їх співвіднести з конкретними ринками, інституціями й політичними контекстами. По-третє, аналіз показав, що у фокусі сучасної теорії ігор дедалі частіше опиняються не стільки питання існування рівноваг, скільки питання їхньої бажаності, стійкості, добробутних наслідків та інституційних механізмів переходу від «поганих» рівноваг до «кращих».

Практична значущість виконаної роботи полягає в тому, що її результати можуть бути використані у навчальному процесі (як основа для курсів з мікроекономіки, теорії ігор, публічної політики), у підготовці аналітичних матеріалів для органів державної влади, а також у корпоративному стратегічному плануванні, особливо в частині участі у публічних закупівлях, проектуванні тарифних планів, переговорах і управлінні спільними ресурсами.

Запропонований підхід до викладу матеріалу може слугувати моделлю для подальших розробок, орієнтованих на «дематематизацію» складних економічних концепцій без втрати їхнього змістового ядра.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на поглиблення емпіричної перевірки ігрових моделей у конкретних ринкових і інституційних середовищах, а також на інтеграцію теорії ігор із поведінковою економікою, аналізом даних і теорією алгоритмічних ринків. Особливо перспективними видаються напрями, пов'язані з регулюванням цифрових платформ, розробкою політик у сфері штучного інтелекту, формуванням кліматичних домовленостей і дизайном систем соціального захисту, де стратегічна взаємодія агентів, інформаційна асиметрія та мережеві ефекти відіграють ключову роль. У цьому контексті теорія ігор зберігає й посилює свій статус однієї з базових мов сучасної економічної науки та політики, а її доступна, «без надлишку математики» інтерпретація може стати важливим чинником підготовки нового покоління фахівців.

Список використаних джерел

1. von Neumann, J., & Morgenstern, O. (1944). *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton University Press.
2. Nash, J. (1950). Equilibrium points in n-person games. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 36(1), 48–49.
3. Nash, J. (1951). Non-cooperative games. *Annals of Mathematics*, 54(2), 286–295.
4. Harsanyi, J. C. (1967–1968). Games with incomplete information played by “Bayesian” players (Parts I–III). *Management Science*, 14(3–5).
5. Kreps, D., & Wilson, R. (1982). Sequential equilibria. *Econometrica*, 50(4), 863–894.
6. Rubinstein, A. (1982). Perfect equilibrium in a bargaining model. *Econometrica*, 50(1), 97–109.
7. Fudenberg, D., & Tirole, J. (1991). *Game Theory*. MIT Press.
8. Myerson, R. B. (1991). *Game Theory: Analysis of Conflict*. Harvard University Press.
9. Osborne, M. J., & Rubinstein, A. (1994). *A Course in Game Theory*. MIT Press.
10. Osborne, M. J. (2004). *An Introduction to Game Theory*. Oxford University Press.
11. Gibbons, R. (1992). *Game Theory for Applied Economists*. Princeton University Press.
12. Mas-Colell, A., Whinston, M. D., & Green, J. R. (1995). *Microeconomic Theory*. Oxford University Press.

13. Camerer, C. F. (2003). Behavioral Game Theory: Experiments in Strategic Interaction. Princeton University Press.
14. Milgrom, P. (2004). Putting Auction Theory to Work. Cambridge University Press.
15. Krishna, V. (2009). Auction Theory (2nd ed.). Academic Press.
16. Milgrom, P. R., & Weber, R. J. (1982). A theory of auctions and competitive bidding. *Econometrica*, 50(5), 1089–1122.
17. Klemperer, P. (1999). Auction theory: A guide to the literature. *Journal of Economic Surveys*, 13(3), 227–286.
18. Aumann, R. J., & Hart, S. (Eds.). (1992). Handbook of Game Theory with Economic Applications, Vol. 1. North-Holland/Elsevier.
19. Jackson, M. O. (2008). Social and Economic Networks. Princeton University Press.
20. Романюк, В. В. (2019). Теорія антагоністичних ігор: навчальний посібник. Львів: Новий Світ-2000.