

УДК 330.16

№ держреєстрації 0116U007059

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

(КПІ ім. Ігоря Сікорського)

Україна, 03056, м. Київ, Солом'янський район, пр-т Перемоги, 37
тел. (044) 204-85-10

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету менеджменту
та маркетингу

Доктор технічних наук, професор
_____ Марина КРАВЧЕНКО

(підпис)

ЗВІТ

ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

**МОДЕЛЮВАННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ РИНКІВ ТА ПОВЕДІНКИ
ЕКОНОМІЧНИХ АГЕНТІВ В УМОВАХ КРИЗОВИХ ЯВИЩ**

Науковий керівник,

Професор кафедри

економічної кібернетики

д.ф.-м.н., професор

Володимир КАПУСТЯН

2022

Рукопис закінчено 30 Квітня 2022 року.

Результати роботи розглянуто Вченою радою ФММ КПІ ім. Ігоря Сікорського,
протокол від 30 травня 2022 р №

СПИСОК АВТОРІВ

Керівник НДР

д.ф.-м.н., професор

Володимир КАПУСТЯН

Інші виконавці:

Д.ф.-м.н., доцент

Ігор РИСЦОВ

К.ф.-м.н., доцент

Олена СТЕЦЬ

Док. філос з екон., Ст. викл.

Гліб МАЖАРА

К.ф.-м.н., доцент

Жана ЧЕРНОУСОВА

К.ф.-м.н., доцент

Ірина ЛАЗАРЕНКО

К.ф.-м.н., доцент

Іван ПИШНОГРАЄВ

К.ф.-м.н., доцент

Іван ФАРТУШНИЙ

К.ф.-м.н., доцент

Ольга ЖУКОВСЬКА

К.т.н., доцент

Ольга ЦЕСЛІВ

Асистент

Сергій КИРИЄНКО

Аспірант

Артем ЗАМРІЙ

Аспірант

Олег КОНОНЕНКО

Аспірант

Валерій КРАВЧУК

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР 101 стор., 15 рис., 33 табл., 109 посилань.

Об'єкт дослідження: діяльність та поведінка економічних агентів в умовах кризових явищ.

Мета: створення ефективного інструментарію моделювання економічних об'єктів та структурно-функціональних зв'язків між ними.

Предмет дослідження: моделювання структурно-функціональних зв'язків в умовах кризових явищ в економіці з елементами поведінкової економіки.

Відповідно до мети дослідження поставлено наступні завдання:

- Вивчити зародження поведінкової економіки та сучасні методи її дослідження.
- Розкрити принципи поведінкової економіки та теорії ігор
- Виконати аналітичний огляд моделей поведінкової економіки
- Визначити вплив поведінкових фінансів на ціну акцій компаній.
- Дослідити та використати метод розв'язання економічних задач, що базується на принципах поведінкової економіки.
- Визначити основні аспекти взаємодії економічних агентів на реальному товарному ринку.
- Дослідити ірраціональну поведінку економічних агентів на товарному ринку матеріальних благ, а також з'ясувати вплив принципу індивідуальної оптимальності в класичних ігрових задачах.
- Дослідити вплив суб'єктивних чинників, таких, як смаки і пріоритети економічних агентів на товарному ринку матеріальних благ у динамічній системі.
- Дослідити поведінку економічних агентів на ринку матеріальних благ, а також, з'ясувати вплив принципу гіперболізованого дисконтування в ігрових задачах.
- Розрахувати показники сукупної корисності у різних випадках за допомогою класичних методів економіки.

- Розрахувати показники сукупної корисності у різних випадках за поведінкових методів економіки.
- Проаналізувати вплив різних чинників на поведінку та економічні результати, таких, як гіперболізоване дисконтування, смаки та пріоритети, часткова інформованість.
- Зробити висновки щодо отриманих результатів та інтерпретувати їх.

При виконанні роботи методологічним підґрунтям було застосування системного аналізу, індукції, когнітивних методів, комплексних підходів, що базуються, з одного боку на принципах економічної теорії, а з іншого на засадах поведінкового підходу до моделювання економіки, економічних процесів та явищ:

- Методи систематичного аналізу наукової літератури, теоретичного узагальнення і порівняння, аналізу і синтезу для визначення елементів системи туристичної агенції, її інструментів, ресурсів та узагальнення результатів. Використано теорію ефективності управління.
- Методи побудови багатоваріантної регресійної моделі, МНК (метод найменших квадратів) з відповідними критеріями Стюдента та Фішера, статистичний аналіз, соціологічні опитування та висновки експертів.
- Методи некооперативної теорії ігор на прикладі неокласичної моделі рівноваги товарів на товарному ринку між фіксованою кількістю економічних агентів
- Методи «намацування Курно» та принцип індивідуальної оптимальності. Динамічного моделювання та імітаційного моделювання на прикладі неокласичної моделі рівноваги товарів на обмеженому ринку між фіксованою кількістю економічних агентів.

ПОВЕДІНКОВА ЕКОНОМІКА, КЛАСИЧНІ ТЕОРІЇ ЕКОНОМІКИ, ІГРОВІ ЗАДАЧІ, ОПТИМАЛЬНІСТЬ ЗА ПАРЕТО, РІВНОВАГА ЗА НЕШЕМ,

ІНДИВІДУАЛЬНО ОПТИМАЛЬНА РІВНОВАГА, ПОВЕДІНКОВІ АСПЕКТИ, ДИНАМІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, КОГНІТИВНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, ТОВАРНИЙ РИНОК, ЕКОНОМІЧНІ АГЕНТИ, АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ, ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ, ПОВЕДІНКОВІ ФІНАНСИ, МЕТОДИ ОЦІНКИ АКЦІЙ, МОРАЛЬНА НЕБЕЗПЕКА.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. ОСНОВНІ КОНЦЕПЦІЇ МОДЕЛЮВАННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ РИНКІВ ТА ПОВЕДІНКИ ЕКОНОМІЧНИХ АГЕНТІВ В УМОВАХ КРИЗОВИХ ЯВИЩ	10
1.1 ПРИНЦИПИ ПОВЕДІНКОВОЇ ЕКОНОМІКИ ТА ТЕОРІЯ ІГОР	10
1.2 АГЕНТНО-ОРІЄНТОВАНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІКИ	18
2 ІНВЕСТИЦІЙНА ДІЯЛЬНІСТЬ ЕКОНОМІЧНИХ АГЕНТІВ.	29
2.1 МОДЕЛЬ ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ КРЕАТИВНОГО АГЕНТСТВА В УМОВАХ КРИЗИ	29
2.2. ОПТИМІЗАЦІЯ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПОРТФЕЛЯ КОНСЕРВАТИВНИМИ ІНВЕСТОРАМИ	33
2.3 МОДЕЛЮВАННЯ ОЦІНКИ ВПЛИВУ ПОДАТКОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА СТАН БЮДЖЕТУ КРАЇНИ	46
3 РОЗВ’ЯЗАННЯ ЗАДАЧ КЛАСИЧНОЇ ЕКОНОМІКИ ЗА ДОПОМОГОЮ ПІДХОДІВ ПОВЕДІНКОВОЇ ЕКОНОМІКИ	55
3.1 Розв’язання задач класичної економіки на обмеженому ринку з елементами поведінкової економіки	55
3.2 Принцип часткової інформованості гравців та вплив на прийняття рішень	63
3.3 Аналіз впливу гіперболізованого дисконтування на прийняття рішень	71
3.4 Вплив смаків і пріоритетів купівлі на вибір споживача у динамічному моделюванні	81
ВИСНОВКИ	89
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	92

ВСТУП

При формуванні інвестиційного портфеля як приватні, так й інституціональні інвестори традиційно використовують найбільш розповсюджені в Україні цінні папери: акції, облігації, інвестиційні сертифікати. Співвідношення «ризик/дохідність» у кожного типу цих фінансових інструментів різне: акції, особливо українських підприємств, відрізняються високим ступенем ризику та прибутковості, облігації – низьким ступенем цих взаємопов’язаних показників, а ризикованість інвестиційних сертифікатів залежить від того, у які фінансові інструменти вкладає кошти інвестиційного фонду його компанія з управління активами. При формуванні інвестиційного портфеля з метою диверсифікації ризику, звичайно обирають певну комбінацію інвестиційних інструментів, відмінність полягає у їхній пропорції. В акції переважно інвестують прихильники агресивної інвестиційної стратегії, а консервативні інвестори, не схильні до ризику, надають перевагу інвестуванню в облігації.

Проблемі вивчення моделювання портфеля цінних паперів присвячена значна кількість публікацій як зарубіжних науковців, таких як Г.Марковіц, М. Грубер, У. Шарп, Г.Бірман, С. Шмідт так і вітчизняних Базилевич В.Д., Вовчак О.Д., Шелудько В.М. та інші.. Кожний із науковців по різному визначав портфель фінансових інвестицій, але у кожного із зазначених авторів метою було зменшення портфельного ризику та збільшення дохідності.

Проаналізуємо ситуацію з обігом облігацій, яка склалась наразі на фондовому ринку України. Для цього розглянемо основні види облігацій, залежно від емітента, та їхні характеристики. Адже, незважаючи на те, що в цілому облігації є найбільш надійним інструментом інвестування, вони між собою також розрізняються за певними характеристиками, що впливають на їхню дохідність та ступінь надійності. На первинному та вторинному фондовому ринку України обертаються державні, муніципальні та промислові облігації. Держава може емітувати облігації внутрішньої та зовнішньої державної позики (ОВДП та ОЗДП), які є найменш ризикованим інструментом,

оскільки купонні виплати та погашення цих облігацій гарантовані державою. Середні відсоткові ставки за ОВДП у 2020 році складали 15 – 16%. Ще однією перевагою державних облігацій є неоподатковуваність процентного доходу по них, що збільшує ефективну процентну ставку. Ризик ліквідності цих облігацій також найнижчий з усіх, оскільки вони активно торгуються на ринку. Проте, ОЗДП схильні до ризику зміни валютного курсу. Менш надійними, порівняно з ОВДП, є облігації місцевих позик (ОВМП). Процентні ставки таких облігацій минулого року складали 17 – 18%. Ринок муніципальних облігацій є вкрай обмеженим: за останні три роки лише Львів, Харків, Івано-Франківськ та Київ поповнювали місцеві бюджети у такий спосіб. Також цей фінансовий інструмент має низьку ліквідність, оскільки попит на нього незначний. Погашення таких облігацій та виплати за ними емітент гарантує за рахунок коштів місцевого бюджету, яких може виявитись недостатньо і емітент пропонуватиме інвестору пролонгацію або реструктуризацію заборгованості. Також інвестор повинен сплатити податок з доходу: ПДФО - 18% та військовий збір – 1,5%. Корпоративні облігації в Україні представлені облігаціями банків та компаній, наприклад, АТ «Таскомбанк», ТОВ "Фінансова компанія "Центр фінансових рішень", ПрАТ «Фармацевтична фірма «Дарниця», АТ "Укрпошта" та багато інших. 2020 року НКЦПФР зареєструвала 88 випусків корпоративних облігацій. Процентні ставки таких облігацій можуть бути в діапазоні 16 – 22%. Недоліками корпоративних облігацій також є низька ліквідність, відсутність жодного забезпечення боргу та необхідність сплатити державі майже п'яту частину доходу.

Дохід інвестора від облігації складається з двох частин. Одна з них визначається купонною ставкою, яка є або фіксованою (переважно для ОВДП), або змінною із заздалегідь обумовленою формулою обчислення. Формула включає облікову ставку НБУ, розмір якої регулятор встановлює відповідно до поточного економічного стану в країні. У кінцевому підсумку купонна ставка змінюватиметься залежно від випадкових чинників фінансового ринку, що є фактором ризику як для емітента, так й для інвестора. Плаваючу купонну

ставку частіше застосовують для довгострокових муніципальних облігацій. Друга частина доходу від облігації обумовлена курсовою різницею, яка змінює кінцеву дохідність облігації при відхиленні її ринкової вартості від номіналу. Причому при перевищенні ринкової вартості над номіналом, кінцева дохідність для інвестора стає нижчою від купонної ставки, і навпаки. У випадку відсутності попиту на цінний папір, а відтак й відсутності його ринкової вартості, розраховують інвестиційну вартість облігації, як приведену вартість (PV) потоку платежів, згенерованого цією облігацією. PV також може відрізнитись від номіналу облігації за умови, що середня ринкова дохідність за аналогічними фінансовими інструментами відрізнятиметься від купонної ставки. При розрахунку кінцевої дохідності також необхідно врахувати наявність чи відсутність оподаткування цього виду доходів.

1. ОСНОВНІ КОНЦЕПЦІЇ МОДЕЛЮВАННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ РИНКІВ ТА ПОВЕДІНКИ ЕКОНОМІЧНИХ АГЕНТІВ В УМОВАХ КРИЗОВИХ ЯВИЩ

1.1 ПРИНЦИПИ ПОВЕДІНКОВОЇ ЕКОНОМІКИ ТА ТЕОРІЯ ІГОР

Дослідження ролі людини в економіці вимагає глибшого аналізу психічних і когнітивних сторін її діяльності, впливу цих сторін життя на моделі поведінки, на алгоритм прийняття економічних рішень. Модель *homo economicus*, вмонтована у формальні економічні конструкції, перестала задовольняти практичні потреби через її невідповідність реальності.

Але якщо роль людини у формуванні економічних відносин (її психологія, переваги, помилки, ставлення до помилок і ін.) настільки велика, то виникає питання, яке місце в реальній економіці, а отже, і в її теоретичних версіях, займають об'єктивні закони? Або, в іншій редакції, – в якій мірі поведінку людей можна промодельовати, виходячи із заздалегідь заданих екзогенних обставин? Поведінкова економіка в дослідженнях останніх років довела, що переваги людей є ендогенними, а в класичній теорії вони приймалися в якості екзогенних. Дослідження виявило, що задані ззовні об'єктивні обставини (які визначаються класичною парадигмою як об'єктивні закони) не здатні адекватно пояснити поведінку суб'єктів економіки та наслідки їх діяльності, а значить, не можуть адекватно виконувати прогностичні функції. Співвідношення об'єктивного і суб'єктивного як філософська складова методу економічної теорії вимагає нового осмислення.

Відмінні характеристики поведінкової економічної теорії як окремого наукового напрямку полягають у відмові від «трьох китів» – передумови раціональності, переслідування власних інтересів і рівноваги. Поведінкова економіка формується як новий напрямок, в рамках якого здійснено зміщення акцентів з розробки формалізованих моделей раціональної поведінки індивіда в різних ситуаціях вибору на процес їх експериментальної і емпіричної перевірки, з'ясування ступеня узгодженості (розбіжності) традиційної

економічної теорії та виведених з неї закономірностей, тенденцій з реальними фактами господарської діяльності. Поведінковий підхід, в реальності властивий діяльності різних суб'єктів: від індивіда і фірми до ринків і регіонів, – систематично відтворюється, ускладняється і дозволяє виявити глибинні мотиви діяльності агентів.

Перші ідеї поведінкової економіки відображені в працях знаменитих економістів: Адама Сміта [104] (1723-1790), визнаного засновником економіки як самостійної науки, Альфреда Маршалла [34] (1842-1924), Джона Кейнса [28] (1883-1946) – автора теорії макроекономіки. У цих працях сформувалася теорія раціональної «економічної людини», мета діяльності якої полягає в отриманні вигоди, доходу. Визначальною рисою цієї концепції є «економічний егоїзм», тобто прагнення суб'єкта до максимізації власної вигоди. Ідея «економічної людини» тривалий час домінувала в економічній науці, приймаючи все нові форми. Ідею ж про ірраціональне в економіці висунув вперше Дж. Кейнс [28]. Однак глибші дослідження «стадного почуття» були можливі тільки на міждисциплінарному рівні. Через це кейнсіанська теорія сприяла формуванню моделей, що передбачали нереалістично високі когнітивні можливості індивіда. В результаті нові кейнсіанці, в суперечці з новими класиками, висували тільки положення про жорсткість цін і номінальних заробітних плат, як протиставлення їх гнучкості та можливості швидкого автоматичного переходу до нової рівноваги. Інший же підхід до розгляду – повна раціональність індивідів (і їх очікувань) – як об'єкт конструктивної критики в розрахунок не брався.

Інституціоналісти Т. Веблен, Дж. Коммонс, Дж. Дьюї вважають, що раціональний розрахунок далеко не єдиний мотив, який визначає економічну поведінку, більш важливим в порівнянні з ним є інститути, звички та звичаї. Т. Веблен [72] у концепції демонстративного споживання трактує інстинкти (інститути) як способи (звичаї) усвідомленої й цілеспрямованої поведінки, які включають: інстинкт майстерності, цікавості, схильність до користолюбства, набір егоїстичних схильностей, інстинкт, звички. Саме вони, з точки зору

інституціоналістів, і виступають основними детермінантами споживчої діяльності домогосподарств. Вчені виділили ряд ефектів, пов'язаних з демонстративним споживанням, зокрема ефект Веблена, при якому відзначається збільшення споживчого попиту, викликане тим, що товар має вищу ціну, яка складається з двох складових: реальної й престижної ціни, – а також ефект сноба й ефект приєднання до більшості.

На початку XX століття з'являється окрема галузь психологічного знання – економічна психологія, яку пов'язують з ім'ям Г. Мюнстерберга, а розвиток маркетингової гілки економічної психології було закладено Г. Тардом, яку розвинув американський психолог Дж. Катон. Вона охоплює психологічні проблеми обміну, розподілу і споживання.

Суттєвий вклад в поведінкову економіку внесла поведінкова теорія ігор. Поведінкова теорія ігор – це напрямок теорії ігор, що займається адаптацією теоретико-ігрових ситуацій. Найбільш відомі вчені, що працювали в області поведінкової теорії ігор: Дж. Фон Нейман і О. Моргенштерн[98], Г. Гінтіс, К. Камерер [11], Е. Фер, Дж. Хенріч.

Даний напрямок досліджень концентрує увагу на трьох напрямках:

- математичні теорії, що пояснюють соціальну взаємодію людей на торгах і встановлення довіри між ними;
- обмеження стратегічної поведінки та когнітивні можливості обліку кроків суперників;
- модифікація стратегій в процесі навчання людей на практиці.

Використання математичного апарату теорії ігор в галузі економічної науки у другій половині минулого століття виявилось надзвичайно плідним. Найбільшою мірою це проявилось в тих розділах теорії, об'єктом розгляду яких є стратегічна взаємодія економічних агентів між собою в різних умовах і прагнення оптимальним чином вирішити виниклу конфліктну ситуацію.

Принципи теорії ігор є наступними:

- принцип раціональності;
- принцип загального знання;

- принцип виключення домінованих стратегій.

Теорія ігор доводить, що якщо гравці не будуть змінювати свою стратегію, то рано чи пізно вони придуть до якогось рівноважного стану, в якому виграш вже не можна збільшити, продовжуючи свою обрану лінію поведінки.

Розглянемо основні класичні варіанти рівноваги:

Рівновага за Д. Нешем [74]. (Рівновага згідно за Джоном Форбсом Нешем) Ситуація в некооперативній грі, в якій жоден гравець не може збільшити свій виграш, здійснюючи ходи в односторонньому порядку, тобто не кооперуючись з іншими гравцями.

Рівновага за В. Парето [74]. (Принцип Вільфредо Парето) Ситуація в кооперативній грі, в якій група гравців отримує максимальний виграш, але будь-який гравець має можливість зробити хід у односторонньому порядку, що збільшує його виграш внаслідок зменшення виграшу інших гравців.

Гра з ультиматумом. Ця ігрова ситуація привернула до себе увагу вчених саме тому, що результати експериментальних досліджень суттєво відрізнялися від прогнозів формальної теорії ігор, що має на увазі прихильність індивіда тільки своєму особистому інтересу. Перші експерименти по грі з ультиматумом були проведені В. Гутом, Р. Шміттбергером і Б. Шварцом в 1982 році. Коли мова йде про громадські блага, компроміс індивідуальних і групових інтересів стає досяжним. Теза про те, що деякі люди ставлять досягнення справедливості вище своїх особистих цілей, був підтверджений і в ході іншого експерименту, поставленого Дж. Хенрічем.

При цьому Дж. Фон Нейман і О. Моргенштерн [36], вважають, що поведінка окремого споживача залежить і від поведінки інших учасників гри. Звідси випливає, що в процесі взаємодії суб'єктів з приводу споживання і розподілу наявного доходу, можуть руйнуватися навіть стійкі системи переконань, і тоді вибираються чужі варіанти поведінки.

Результати досліджень вчених-економістів показали, що людській природі властива не тільки тяга до матеріальних інтересів, а й прагнення до справедливості і співпраці з іншими людьми.

У неокласичній мікроекономіці вихідною є раціональна модель поведінки домогосподарства або фірми (відповідно, максимізація корисності чи прибутку), а потім результати (прогнози) даної моделі зіставляються з реальною поведінкою. У поведінковій теорії презумпції економічної раціональності не існує. Дослідник повинен розкрити «чорні ящики» домогосподарства і фірми та з'ясувати, яким чином здійснюється в них реальний процес прийняття рішень, виявити його закономірності. Оскільки цей процес характеризується значною складністю, то, на думку представників поведінкової теорії, панує в ньому не раціональне, а конвенціональне (тобто підкоряється прийнятим правилам і умовам).

Звідси випливає, що необхідно відмовитися від передумов максимізації корисності або прибутку і замінити їх більш реалістичними поведінковими припущеннями. Зрозуміло, прихильники поведінкової теорії усвідомлюють те, що без особливої необхідності економісти не підуть на перегляд парадигм традиційної неокласичної мікроекономіки. Однак вони вважають, що якщо між передбаченнями максимізаційної й реалістичної моделей спостерігаються істотні розбіжності, то менш точна теорія (передбачається, що це буде неокласична мікроекономіка) повинна поступитися місцем більш точній поведінковій теорії.

Поведінкову або, як її іноді називають, психологічну економічну теорію слід відрізняти від «економічної психології», що являє собою дослідження психологічними методами психологічних же проблем, що виникають у виробничій та іншій економічній діяльності. Наприклад, стрес, який отримує працівник на своєму робочому місці, або проблеми сприйняття різних видів реклами належать до предмета економічної психології. Навпаки, поведінкова економічна теорія досліджує питання, які стосуються предмета дослідження економічної науки. Однак методи дослідження, які вона використовує, дуже

своєрідні. Оскільки передбачається, що побудова поведінкової теорії і її перевірка повинні здійснюватися в ході емпіричних досліджень, то особлива увага приділяється індуктивним методам, що йдуть від часткового до загального. Серед них можна виділити наступні:

- 1) опис конкретного процесу прийняття рішень в окремих формах без спроб агрегування;
- 2) проведення лабораторних експериментів, в яких піддослідні ставляться в положення, приблизно відповідне реальним умовам прийняття рішень господарськими суб'єктами (головним чином споживачами);
- 3) масові опитування, що проливають світло на причини тієї чи іншої поведінки підприємців або споживачів;
- 4) складання комп'ютерних програм, що імітують реальні процеси прийняття рішень.

Поведінкова економічна теорія підвищує пояснювальну здатність традиційної теорії в наслідок більш реалістичного психологічного обґрунтування вихідних передумов аналізу. Необхідно відзначити, що це зовсім не означає відмови від неокласичного підходу, а саме від концепції максимізації корисності, загальної економічної рівноваги та ефективності.

Навпаки, прихильники поведінкової економічної теорії беруть за вихідну точку одну із версій ортодоксальної теорії і вважають, що неокласичний підхід вже довів свою плідність при поясненні безлічі всіх мислимих видів економічної поведінки, а також при висуненні спростовних гіпотез. Це свідчить про те, що неокласика, швидше за все, вичерпала методи екстенсивного розвитку як наукова парадигма і потребує якісної модернізації початкової методології дослідження.

Як приклад галузей економічної науки, на які вплинули ці дослідження, виділимо наступні:

- теорія раціонального вибору індивіда в умовах ризику і невизначеності;

- теорія ігор і теорія торгу, всупереч існуванню значної кількості експериментальних підтверджень ортодоксальної версії теорії, для великої області аналізованих явищ вона демонструє слабкі прогностні можливості;
- теорія аукціонів, експериментальне тестування різних стратегій ціноутворення в залежності від різновиду аукціону (голландська, англійська, американський) і з'ясування адекватності наслідків традиційних моделей реальним даним.

У сучасних умовах побудова прогностичних моделей поведінки економічних агентів на ринку заснована на використанні методу імітаційного моделювання та висновків поведінкової економіки. Імітаційне моделювання – це комп'ютерна розробка моделей і постановка експериментів в режимі реального часу, де використовуються три основні підходи:

- 1) системна динаміка;
- 2) дискретно-подієве моделювання;
- 3) агентне моделювання.

Розглянемо ці підходи більш детально. Дискретно-подієве моделювання використовують для аналізу процесів різної природи, зокрема в ряді випадків, доцільним є розгляд їх як послідовності подій (окремих принципових моментів).

Дискретно-подієвим моделюванням (discrete event modeling) називається такий підхід до побудови імітаційних моделей, який представляє реальні дії - подіями.

Найбільш часто поняття «дискретно-подієвого моделювання» використовується для позначення «процесно-орієнтованого» моделювання. У таких моделях динаміка системи представляється як послідовність операцій (прибуття, затримка, захоплення, посилення) над якимись сутностями (entities – транзакти, заявки), що представляють клієнтів, документи, дзвінки, пакети даних, транспортні засоби тощо. Самі ці сутності пасивні, не можуть контролювати свої дії, але мають такі атрибути, які впливають на процеси їх обробки (кількість одночасних сутностей на обробку, періодичність

надходження, правило постановки в чергу і вибору з черги) і накопичують статистику (загальний час очікування, вартість).

Поведінкові дослідження показали необхідність глибоко розуміти мотиви та логіку діяльності споживачів, в тому числі ірраціональні аспекти їх поведінки, іншими словами – все те, що стоїть за ухваленням рішення споживачем при виборі певного товару або послуги. Поведінкова економіка багато в чому сформувала попит на новий інструмент економічного моделювання, який би дозволив врахувати індивідуальні особливості прийняття рішень, далекі від традиційно прийнятих в економіці понять раціональності. До недавнього часу було неможливо порівняно легко і наочно інтегрувати поведінкову економіку в реальну модель прийняття рішень. Відповіддю на цей виклик стала поява інструментарію «агентного» моделювання.

В основі агентного моделювання лежить спроба зрозуміти логіку прийняття рішення окремо взятим споживачем, формалізувати її та об'єднати в єдину модель поведінки споживачів, яка агрегує індивідуальний вибір мільйонів незалежно діючих споживачів. Це вид імітаційного моделювання, де суб'єкт автономно приймає рішення і називається агентом, який може бути як індивідуальним споживачем, так і цілими верствами або організаціями.

Агентне моделювання дозволяє виявляти, яким чином значні наслідки народжуються з невеликих і, на перший погляд, незначних чинників, що визначають поведінку і взаємодію кожного з агентів.

Даний вид моделювання заснований на описі процесів «знизу вгору»: в основі моделі лежить набір основних параметрів, що характеризують агентів і алгоритм прийняття індивідуальних рішень. Узагальнена поведінка системи виводиться із цих індивідуальних рішень, а також взаємодії між агентами.

В наступній частині роботи будуть проаналізовані вище зазначені методи та моделі, розглянуто вплив поведінки у фінансовій сфері, фактор моралі на різних прикладах. Досліджено автомобільний ринок України, як приклад ринку з проявом психологічних чинників покупців та продавців, при формуванні ціни товарів. Розв'язано задачі класичної економічної теорії за допомогою теорії ігор

та різних стратегій гравців, в залежності від їх інформованості, кооперації, цілей. Розв'язано задачі з додаванням поведінкових чинників на формування переваг процесу обрання товарів. Розглянуто дисконтування та сформовано динамічну модель, з урахуванням усіх наявних недоліків різноманітних підходів, для розв'язання економічних задач поведінки економічного агента на ринку.

1.2 АГЕНТНО-ОРІЄНТОВАНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІКИ

Нездатність економічної теорії своєчасно виявляти причини появи глобальних криз визначила необхідність в розробці якісно нових підходів до моделювання економічних систем. Одним із сучасних математичних інструментів аналізу та прогнозування економіки є агентно-орієнтоване моделювання.

Основна ідея цього підходу полягає в представленні економіки, як складної адаптивної системи, поведінка якої формується в результаті множинних взаємодій автономних гетерогенних економічних агентів, що володіють різною поведінкою і здатністю до навчання. За допомогою математичних методів розробники агентно-орієнтованих моделей (АОМ) створюють комп'ютерну симуляцію реального світу, в якій вивчають наслідки різних сценаріїв дій, прогнозують розвиток економічних систем, аналізують причинно-наслідкові зв'язки між змінними.

Мета роботи — представити розроблену базову агентно-орієнтовану модель (АОМ) функціонування економіки, описати адаптовані версії відомих алгоритмів навчання інтелектуальних агентів типу «фірма» і проаналізувати результати обчислювального експерименту, в якому досліджувалася можливість застосування різних методів навчання в розробленій АОМ.

Теоретико-методологічну основу дослідження складають праці провідних вітчизняних та зарубіжних науковців з питань агентно-орієнтованого моделювання. При дослідженні використовувались методи математичного моделювання, а також елементи економічного аналізу.

Агентно-орієнтований підхід до моделювання економічної системи дозволяє створювати моделі, що володіють великим числом ступенів свободи і гнучкістю. По суті, дослідники отримують конструктор моделей, тобто можливість модифікувати конкретну реалізацію моделі, не змінюючи її структури, і порівнювати отримані таким чином результати. Запропонована нами базова АОМ функціонування економіки також є сімейством моделей з

однотипною структурою, але допускає варіантні реалізації незалежних один від одного компонент.

Розроблена модель містить два типи активних агентів: фірми виробники і домогосподарства. Взаємодія між ними відбувається не прямо, а за допомогою спеціальних посередників - ринку товарів і ринку праці. На кожній ітерації модель послідовно виконує такі структурні блоки дій: взаємодія фірм і домогосподарств на ринку праці, виробництво продукції, ціноутворення, визначення величини споживання, взаємодія фірм і домогосподарств на ринку товарів, навчання фірм. Кожен структурний блок може бути реалізований різними способами в залежності від цілей дослідження і незалежно від реалізації інших блоків.

Далі представимо ключові аспекти реалізації зазначених блоків у запропонованій АОМ, а також коротко відзначимо альтернативні підходи, які будуть реалізовані надалі.

Ринок праці характеризує попит на працю з боку фірм. запит фірми на заповнення вакансії містить кількість працівників, яких потрібно найняти, і запроповану заробітну плату. Пошуком роботи на ринку праці займаються безробітні домогосподарства і незадоволені своєю зарплатою працівники фірм.

Взаємодія фірм і домогосподарств на ринку праці реалізовано за допомогою наступного алгоритму підбору:

- фірми виставляють вакансії на ринок праці, якщо кількість фактичних працівників фірми менше планового на даний період;
- незайняті домогосподарства і домогосподарства незадоволені своєю поточною заробітною платою, розглядають відкриті вакансії і подають заявки на їх заповнення;
- фірми розглядають отримані заявки від домогосподарств і розсилають запрошення обраним. Кількість таких запрошень не перевищує кількості відсутніх працівників фірми;
- домогосподарства розглядають отримані від фірм пропозиції і вибирають найвигідніший для них варіант. Про своє рішення вони повідомляють в

формі згоди обраної фірми і в формі відмови - іншим, що надіслали запрошення;

- фірми оновлюють інформацію про своїх працівників на основі рішення домогосподарств.

Цикл підбору виконується рівно два рази і переривається, навіть якщо фірмам не вдалося повністю заповнити відкриті вакансії.

В якості альтернативного алгоритму підбору можна використовувати, наприклад, алгоритм випадкового вибору роботодавця аналогічний алгоритму, застосовується для вибору товарів, причому ймовірність вибору тієї чи іншої фірми пропорційна запропонованій зарплати [1].

Виробництво продукції. Виробнича діяльність фірми визначається її виробничою функцією, що зв'язує готівковий капітал і праця з обсягом виробленої продукції. У базовій АОМ ми розглядаємо період, в якому виробничі потужності фірми не піддаються істотним змінам, тому значущим для виробництва продукції є тільки праця, тобто обсяг виробленої продукції Y визначається формулою:

$$Y = \alpha * \hat{L},$$

де α - продуктивність праці, $\hat{L}$ - фактична кількість працівників. В якості альтернативних виробничих функцій можуть бути обрані, наприклад, класичні виробничі функції Кобба-Дугласа або CES (з постійною еластичністю заміщення).

Ціноутворення. Ціна продукції є одним з основних параметрів управління фірми, тобто шляхом зміни ціни фірма-виробник може безпосередньо впливати на реакцію навколишнього середовища. У розробленій моделі ціна p може змінюватися в результаті роботи одного з алгоритмів навчання або ж задаватися за допомогою формули [2]

$$p = \frac{w}{\alpha(1+\frac{1}{\varepsilon})}, \quad (1)$$

де w - встановлена заробітна плата, ε - еластичність попиту на продукцію фірми.

Визначення величини споживання. Цикл життєдіяльності домогосподарств моделі передбачає споживання продукції, яку виробляють фірми. Потреба домогосподарства в продукції можна виміряти в умовно грошових або натуральних одиницях. В існуючій реалізації базової АОМ домогосподарства визначають бюджет споживання B в грошових одиницях, користуючись простим правилом [3]:

$$B = \{Money - \kappa(Money - \varphi * w), Money > \varphi * w \text{ Money}, \text{ін} \quad (2)$$

де $Money$ - обсяг готівки, $\kappa(0 < \kappa < 1)$ - схильність до заощадження, φ - поріг, при досягненні якого домогосподарство намагається спрямувати всі готівкові гроші на підтримку власної життєдіяльності.

Іншими словами, правило визначення величини споживання передбачає існування деякого критичного обсягу готівкових коштів на руках. Коли обсяг доступних коштів опускається нижче фіксованого порога, домогосподарство повністю витрачає гроші. Інакше, агент відкладає частину отриманих на даний час коштів в якості резерву.

В якості альтернативного способу вимірювання потреби домогосподарства в продукції можна використовувати відомі варіанти функції корисності.

Ринок товарів. Передбачається, що фірми виробляють тільки один споживчий товар, який є гомогенним, тобто товари різних фірм-виробників відрізняються виключно ціною. Вироблений товар відправляється на централізований ринок товарів, де його можуть придбати домогосподарства. Пропозиція товару складається з ціни на одиницю товару і відповідного обсягу товару, виставленого на продаж.

В рамках базової моделі вибір товару домогосподарством вважається випадковим, причому ймовірність придбання того чи іншого товару обернено пропорційна його ціні. Тоді, якщо позначити $v(p) = -\ln p$ цінність товару для домогосподарства, ймовірність вибору $prob_j$ товару фірми j визначається формулою [4]

$$prob_j = \frac{Exp[\lambda v(p_j)]}{\sum_j Exp[\lambda v(p_j)]}, \quad (3)$$

де λ - інтенсивність конкуренції на ринку товарів.

Вибравши таким чином товар, домогосподарство намагається повністю витратити бюджет споживання на його придбання. Якщо для цього на ринку товару недостатньо, тобто після покупки у домогосподарства залишаються гроші, відведені на споживання, то воно вибирає наступний товар і намагається витратити залишок бюджету на нього. Так відбувається до тих пір, поки бюджет не буде використаний повністю, або на ринку не закінчатся товари.

Відзначимо, що важливим для специфікації моделі є припущення про нескінченну подільність товару або його відсутність. В останньому випадку домогосподарство може виявитися в ситуації, коли воно не зможе використовувати ненульовий бюджет споживання на покупку товарів, оскільки встановлені фірмами ціни будуть занадто високими. Це може істотно вплинути на величину прибутку фірм і, відповідно, прийняті ними рішення.

Останній структурний етап запропонованого сімейства моделей присвячений прийняттю рішень. За результатами діяльності на ринку товарів і праці фірма отримує реакцію зовнішнього середовища на обрані значення параметрів управління і оновлює їх відповідно до заданого алгоритмом. Таким чином, фірма *навчається*, тобто намагається досягти своїх цілей, зіставляючи керовані нею вхідні параметри з отриманим виходом.

Основними параметрами управління, тобто змінними, значення яких фірма-агент може змінювати безпосередньо, можуть бути заробітна плата, ціна одиниці продукції, планова кількість працівників, план виробництва. Основними критеріями, які фірма-агент намагається оптимізувати, можуть бути прибуток, фактична кількість працівників, виручка, рентабельність і т. д. Зовнішнє середовище реагує на дії фірм за допомогою зміни обсягів продажів і фактичного числа працівників.

У розробленій АОМ пропонується кілька адаптованих алгоритмів навчання агентів-фірм. Всі вони належать до класу алгоритмів прийняття

рішень, тобто активний агент не володіє знанням про існування інших активних агентів, він сприймає їх дії тільки побічно, як частина реакцію зовнішнього середовища.

Несвідоме навчання. Основна ідея несвідомого навчання [5] складається в роботі з вектором $v(t) = (v(a, t))_{a \in A}$, який кожній можливій дії a з кінцевої множини дій A ставить у відповідність імовірність його вибору $v(a, t)$. На початку роботи алгоритму всі дії різновірогідні. Далі ймовірність обраного і реалізованого агентом дії оновлюється за певним правилом відповідно до заданого критерію оптимальності. Таким чином, передбачається, що агенти не володіють інформацією щодо своїх попередніх дій і їх результатів, але минуле побічно міститься в векторі ймовірностей $v(t)$.

Для адаптації цього методу до умов базової АОМ потрібно задати правила поновлення обраних параметрів управління в формі набору дій агенту.

Це можна зробити декількома способами:

- кожен параметр управління вибирається з кінцевої множини постійних значень. Наприклад, фірма-агент має можливість вибрати між значеннями зарплати $w = \{4, 5\}$ і ціни $p = \{2, 3\}$ відповідно;
- для кожного параметра управління w на ітерації t допускається застосування таких дій: збільшити на задану величину a , зменшити на задану величину a , залишити без змін. Приклад правила поновлення параметрів для цього випадку виглядає так: $w_{t+1} = (I \pm a;) w_t$
- для кожного параметра управління w на ітерації t змінюється величина його зміни Δ : збільшується на задану величину a , зменшується на задану величину a , залишається без змін. Наприклад, $w_{t+1} = \Delta_{t+1} w_t$, $\Delta_{t+1} = \Delta_t \pm a$;
- кожен параметр управління w на ітерації t визначається як частка Δ від прибутку π . Величина цієї частки може збільшуватися на задану величину a , зменшуватися на задану величину a , залишатися без змін.

Наприклад, $w_{t+1} = \Delta_{t+1} \pi_t$, $\Delta_{t+1} = \Delta_t \pm a$.

Q-навчання. Ключова ідея алгоритму - це визначення значень функції якості комбінації стан-дія $Q : S \times A \rightarrow R$, де S – множина станів середовища, а A – множина дій агента. Перед початком навчання функція Q повертає фіксоване значення. Далі, кожен раз, коли агент отримує винагороду за свої дії, для кожної комбінації стану $s \in S$ і дії $a \in A$ обчислюються нові значення функції Q . Ядро алгоритму - це просте оновлення значень функції якості за результатами ітерації [6]:

$$Q_t(s_t, a_t) \leftarrow Q_t(s_t, a_t) + \alpha_t [R_{t+1} + \gamma \max_{a_{t+1}} Q(s_{t+1}, a_{t+1}) - Q(s_t, a_t)], \quad (4)$$

де R_{t+1} - винагорода, отримана після виконання дії s_t в стані a_t , $\alpha_t(s_t, a_t)$ ($0 < \alpha \leq 1$) - швидкість навчання, γ ($0 \leq \gamma < 1$) – множник дисконтування.

Щоб адаптувати цей метод для застосування в розробленій АОМ, потрібно визначити основні його елементи. Множина дій фірми A задається так само, як і для несвідомого навчання. Винагорода R визначається як один з можливих критеріїв оптимальності, зазначених вище. Множина станів S характеризується за допомогою різних співвідношень між індикаторами: реакцією зовнішнього середовища і плановими показниками агента-фірми. Наприклад, якщо ввести такі позначення: Y - обсяг виробництва, $\hat{Y}$ - обсяг продажів, L - планова кількість працівників, $\hat{L}$ - фактичне число працівників, то один із способів задати множина станів фірми виглядає так:

$$\begin{aligned} S^1 : \hat{Y} < Y, \hat{L} < L, \hat{L} > 0, \hat{Y} > 0. \\ S^2 : \hat{Y} < Y, \hat{L} < L, \hat{L} > 0, \hat{Y} > 0. \\ S^3 : \hat{Y} < Y, \hat{L} = L, \hat{L} > 0, \hat{Y} > 0. \\ S^4 : \hat{Y} = Y, \hat{L} = L, \hat{L} > 0, \hat{Y} > 0. \\ S^5 : \hat{Y} = 0, \hat{L} > 0. \\ S^6 : \hat{L} = 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Інтуїтивне навчання. Одним з інтуїтивних підходів до навчання є екстраполяція тенденції [3], тобто припущення про те, що майбутнє повторює

тенденцію з минулого. В адаптованому методі фірма визначає план виробництва на підставі інформації про продажі в попередніх періодах:

$$Y_t = \xi * \hat{Y}_t + (1 - \xi) * \frac{1}{T} \sum_{k=t-T}^{t-1} \hat{Y}_k, \quad (6)$$

де Y_t - виробничий план, $\hat{Y}_k$ - величина продажів фірми в період k , T - інтервал згладжування, ξ - коефіцієнт згладжування.

Щоб уникнути надмірних коливань виробничого плану, часовий ряд продажів згладжується. Таким чином, фірма може проявляти якусь інертність в адаптації обсягів продажів до реальних потреб домогосподарств. Звідси, планова кількість працівників можна визначити за формулою:

$$L_t = \frac{\xi * \hat{Y}_t + (1 - \xi) * \frac{1}{T} * \sum_{k=t-T}^{t-1} \hat{Y}_k}{\alpha}, \quad (7)$$

де L_t - планова кількість працівників.

Заробітна плата для цього випадку обчислюється за допомогою простого правила: якщо $L_t > \hat{L}t$, тобто фірма в цей час не змогла набрати заплановане число працівників, то вона підвищує запропоновану заробітну плату на фіксований відсоток. Ціна одиниці продукції фірми описується формулою (1).

Олігополія. Метод навчання на базі олігополістичної структури ринку розроблений для перевірки можливості застосування досягнень класичної економічної теорії в агентному моделюванні. Отже, олігополією називається така ринкова структура, коли на ринку продукції пропозиції невеликого числа фірм заповнюють весь ринок і деякі з цих фірм володіють значними частками ринку. Визначальною властивістю олігополії є те, що всі конкуруючі фірми мають можливість неявно впливати на ціни на продукцію і фактори виробництва, тобто прибуток кожної фірми залежить від політики інших конкуруючих фірм. Тому, щоб визначити оптимальну політику, спрямовану на максимізацію прибутку, кожна фірма повинна враховувати не тільки власне безпосередній вплив на ринки товарів, послуг (продукції) і ресурсів (факторів),

а й непряме - через взаємодію з конкурентами. Нехай попит на ринку товарів задається за допомогою лінійної функції виду:

$$p = a - b \sum_{j=1}^f Y_j, \quad a > 0, b > 0. \quad (8)$$

Тоді рівновага Курно [7] для нашої моделі визначається так:

$$L_j = \frac{f}{f+1} * \frac{a - \frac{w}{a}}{ab}, \quad j = \overline{1, f}, \quad (9)$$

$$p_j = \frac{a + f * w / a}{f+1}, \quad (10)$$

де a і b - параметри функції попиту, що визначаються за допомогою рекурсивного методу найменших квадратів, f - кількість фірм-виробників в моделі.

Раціональне навчання. При раціональному підході до навчання фірма-агент на кожній ітерації вирішує завдання пошуку таких значень параметрів управління, при яких досягається оптимальне значення обраного критерію [8].

Припустимо, що фірма має певне уявлення про функції попиту на продукцію на ринку товарів $p = a - b\hat{Y}$ і функції пропозиції на ринку праці $\hat{L} = c + dw$, де a, b, c, d - коефіцієнти, які визначаються на кожній ітерації за допомогою рекурсивного методу найменших квадратів. Тоді, якщо в якості критерію оптимальності обрано прибуток $\pi = p\hat{Y} - w\hat{L}$, а в якості параметрів управління - заробітна плата w , ціна p і планова кількість працівників L , то розв'язанням відповідної задачі оптимізації відносно $\hat{Y}$ буде:

$$\hat{Y}_{max} = \frac{\alpha(ad+c)}{2(1+bda^2)}. \quad (11)$$

Параметри управління в свою чергу визначаються формулами:

$$\begin{aligned} p &= a - b\hat{Y}_{max}, \\ L &= \frac{\hat{Y}_{max}}{\alpha}, \end{aligned} \quad (12)$$

$$w = \frac{\hat{Y}_{max-\alpha c}}{d\alpha}. \quad (13)$$

$$(14)$$

Випадковий вибір. Однією з контрольних точок перевірки коректності роботи моделі служить моделювання випадкової поведінки активних агентів. В адаптованому для базової АОМ методі параметри управління вважаються випадковими величинами, рівномірно розподіленими на заданих відрізках, тобто фірма-агент має можливість, наприклад, вибрати між значеннями зарплати $w \sim U[4,5]$ і ціни $p \sim U[2, 3]$, відповідно.

Обчислювальний експеримент в порівнянні методів навчання фірм-виробників у базовій АОМ проводився за допомогою спеціально розробленого програмного забезпечення. Початкові умови для всіх методів задавалися однаково: $f = 2$, $h = 100$, $p_0 = 5$, $w_0 = 10$, $L_0 = 20$, $\alpha = 5$, $\varepsilon = -1.5$, $\kappa = 0.8$, $\phi = 0.6$, $Money_0^f = Money_0^h = 0$, де f - кількість фірм, h - кількість домогосподарств, p_0 - початкова ціна, w_0 - початкова заробітна плата, L_0 - початкова планова кількість працівників, α - продуктивність праці, ε - еластичність попиту, κ - схильність до заощадження, ϕ - поріг ліквідності, $Money_0^f$ і $Money_0^h$ - початкові кошти у фірм і домогосподарств відповідно. У таблиці далі наведено значення основних статистичних показників (середня заробітна плата, середня ціна, сукупне виробництво, сукупне споживання, рівень безробіття) після ста ітерацій роботи моделі в умовних одиницях. Зауважимо, що значення цих показників обчислюються всередині базової АОМ.

Таблиця 1 – Вихідні результати

Метод / Показник	Середня зарплата	Середня ціна	Виробництво	Споживання	Безробіття
Несвідоме навчання	3.391	2.034	335	335	0.33

(1-й спосіб)					
Несвідоме навчання (2-й спосіб)	0.044	0.026	475	475	0.05
Q-навчання (1-й спосіб)	3.115	1.869	305	305	0.39
Q-навчання (2-й спосіб)	9247.98	3734.82	175	175	0.65
Олігополія	10	35.999	130	130	0,74
Інтуїтивне навчання	10	6	175	175	0.65
Випадковий Вибір	4.271	2.548	495	388	0.01

З таблиці видно, що агреговані результати роботи моделі можуть суттєво відрізнятися в залежності від обраного методу навчання. Крім того, деякі методи навчання ефективніше інших оптимізують поведінку фірм одночасно на ринку праці і ринку товарів. Зауважимо також, що за винятком випадкової моделі поведінки виробництво і споживання в системі через сто ітерацій знаходяться в рівновазі, але значення інших змінних, при яких воно досягається, різні. Пошук необхідних і достатніх умов для вибору АОМ, яка найбільш адекватно описує реальну ситуацію, а, значить, може використовуватися для прогнозування і аналізу сценаріїв, є предметом наших подальших досліджень.

2 ІНВЕСТИЦІЙНА ДІЯЛЬНІСТЬ ЕКОНОМІЧНИХ АГЕНТІВ.

2.1 МОДЕЛЬ ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ КРЕАТИВНОГО АГЕНТСТВА В УМОВАХ КРИЗИ

Креативний сектор економіки України останні 10 років активно розвивається. Відкриваються нові креативні агенції, формується новий рекламний інструментарій. Все більше зарубіжних компаній з'являється на українському ринку креативних послуг. Часто креативні агентства, які працюють у секторі інтернет-маркетингу, інвестують певні кошти у нові інформаційні проекти та інфопродукти. Такі інвестиції в інформацію на мікроекономічному рівні впливають на стратегію інвестування держави загалом. Тому, саме через неправильну інвестиційну політику малий та середній бізнес втрачають більшу частину своїх коштів [1]. Виникає необхідність пошуку нових інвестиційних моделей, інструментів оптимального розподілу інвестиційних ресурсів креативної агенції між декількома креативними проектами для забезпечення ефективної роботи як креативної агенції, так і креативного сектору економіки в цілому. В даній статті розглянуто проблему цінового ризику проектів креативного агентства.

Метою дослідження є знаходження інвестиційної стратегії креативного агентства, яка стане для агентства оптимальною. Також необхідно залучити до розрахунків аспект кризової економіки. Об'єктом дослідження роботи стало ефективне управління інвестиційною діяльністю у новітніх проектах креативного агентства.

Моделювання та перевірка адекватності моделі була проведена на даних, що були представлені креативним агентством «ДЗЕН». Для формування моделі та проведення розрахунків були використані методи лінійного програмування [3].

Для проведення дослідження та вибору оптимальної інвестиційної стратегії була обрана модель цілочисельного лінійного програмування з логічними змінними. Також для того, щоб врахувати фактор кризи було використано показник чистого дисконтованого доходу:

$$NPV_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n NPV_i \cdot \sum_{t=1}^{T_0+1-T_2} \frac{x_{it}}{(1+e)^{t-1}} \quad t \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$\left\{ \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^{\min\{T_i\}} I_{it} x_{i,t+1} \leq K, t = 1, \bar{T}_0; \sum_{t=1}^{T_0+1-T_i} x_{it} \leq 1; x_{it} \in [0; 1], t = \overline{1; T_0 - 1} \right\} \quad (2)$$

Дана модель портфелю інвестицій застосовується при детермінованому календарному плані. Крім того, інвестиційна діяльність креативного агентства також має бути детермінована.

Якщо ми намагаємося досягти декількох цілей, то саме метод лінійного програмування може нам у цьому допомогти. Для цього потрібно визначити цільові критерії.

Розбіжності, між значеннями критеріїв та фінальними розрахунками визначаються за формулою відношення прогнозного значення критерію та рекомендованого або еталонного значення критерію.

$$D_{ij} = \left(\frac{K_{ij}}{K_{ij}^0} \right)^2. \quad (3)$$

Дистанція (розбіжність) до еталонного значення критерію для окремого проекту обчислюється за такою формулою, де a_i – коефіцієнт порівняльної значущості показника.

$$O_j = \sqrt{\sum_{i=1}^n D_{ij} \cdot a_i}. \quad (4)$$

Нехай

Таблиця 1 – Показники NPV та інвестиційних витрат по роках

Номер проекту	Тривалість, років	Чистий дохід, зведений до початку виконання проекту	Щорічні інвестиційні витрати				
			1	2	3	4	5

1	4	371,259	45	60	65	95	40
2	3	422,35	95	40	90	70	0
3	4	559,637	40	110	40	65	65
4	3	336,963	50	90	100	40	0
5	4	457,029	55	75	55	90	105
6	4	498,875	75	80	70	60	65
7	4	601,281	60	90	85	50	55

Зазначимо, що період нашого інвестиційного планування складатиме 12 років. Лімітована щорічна сума інвестицій буде складати 320 тис. грн на кожні перші три роки, а також 400 тис. грн у кожен наступний рік. Дисконтна ставка буде дорівнювати 0,3.

На першому етапі потрібно проаналізувати інвестиційний портфель та план інвестування в залежності від часу. Визначаємо цільову функцію та обмеження за витратами, що будуть впливати на інвестиції нашого креативного агентства. Додаємо необхідні дані до економічного табличного процесору та отримаємо кінцеву інформацію, представлену на рис. 1.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	45	60	65	95	40	0	0	0	0	0	0	0		371,259
2	95	40	90	70	0	0	0	0	0	0	0	0		422,35
3	40	110	40	65	65	0	0	0	0	0	0	0		559,637
4	50	90	100	40	0	0	0	0	0	0	0	0		336,963
5	55	75	55	90	105	0	0	0	0	0	0	0		457,029
6	75	80	70	60	65	0	0	0	0	0	0	0		498,875
7	60	90	85	50	55	0	0	0	0	0	0	0		601,281

Рисунок 1 – Формалізована інвестиційна інформація

Обмеження за логічною змінною визначаємо наступним етапом. Також, при визначенні даної змінної враховуємо тривалість інформаційного проекту. Обмеження за витратами інвестиційної діяльності також входять у розрахунки. Даний крок має допомогти обрати найбільш вигідний проект для креативного агентства ще на початку його реалізації в t -му проміжку календарного періоду (рис. 2).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0		1	99,99084
2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		1	147,8765
3	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0		4	1031,889
4	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		2	377,1824
5	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0		3	634,6705
6	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0		3	692,7815
7	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0		3	834,9915
	320	320	320	400	400	400	400	400	400	400	400	400			3819,382

Рисунок 2 – Інвестиційна інформація у формі логічних змін

На останньому етапі ми отримуємо матрицю витрат, спираючись на матрицю логічних змінних (рис. 3).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	70	0	0	0	0	0	0	0	0
3	40	0	40	65	65	0	0	0	0	0	0	0
4	50	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0
5	55	0	0	90	105	0	0	0	0	0	0	0
6	75	0	0	60	65	0	0	0	0	0	0	0
7	60	0	0	50	55	0	0	0	0	0	0	0
	280	280	320	375	330	0	0	0	0	0	0	0

Рисунок 3 – Матриця витрат

Тож ми отримуємо наступні результати, представлені в табл. 2.

Таблиця 2 – Кінцеві результати оптимального розподілу інвестиційних коштів

Роки інвестування	Номер проекту	Річні інвест. витрати
1	3, 4, 5, 6, 7	280 тис. грн.
2	2	280 тис. грн.
3	3	320 тис. грн.
4	2, 3, 4, 5, 6, 7	375 тис. грн.
5	1, 3, 5, 6, 7	330 тис. грн.

Сумарне значення NPV при такому плані інвестування буде становити 4459,38 тис. грн.

2.2. ОПТИМІЗАЦІЯ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПОРТФЕЛЯ КОНСЕРВАТИВНИМИ ІНВЕСТОРАМИ

При формуванні інвестиційного портфеля як приватні, так й інституціональні інвестори традиційно використовують найбільш розповсюджені в Україні цінні папери: акції, облігації, інвестиційні сертифікати. Співвідношення «ризик/дохідність» у кожного типу цих фінансових інструментів різне: акції, особливо українських підприємств, відрізняються високим ступенем ризику та прибутковості, облігації – низьким ступенем цих взаємопов’язаних показників, а ризикованість інвестиційних сертифікатів залежить від того, у які фінансові інструменти вкляде кошти інвестиційного фонду його компанія з управління активами. При формуванні інвестиційного портфеля з метою диверсифікації ризику, звичайно обирають певну комбінацію інвестиційних інструментів, відмінність полягає у їхній пропорції. В акції переважно інвестують прихильники агресивної інвестиційної стратегії, а консервативні інвестори, не схильні до ризику, надають перевагу інвестуванню в облігації.

Проблемі вивчення моделювання портфеля цінних паперів присвячена значна кількість публікацій як зарубіжних науковців, таких як Г.Марковіц, М. Грубер, У. Шарп, Г.Бірман, С. Шмідт так і вітчизняних Базилевич В.Д., Вовчак О.Д., Шелудько В.М. та інші.. Кожний із науковців по різному визначав портфель фінансових інвестицій, але у кожного із зазначених авторів метою було зменшення портфельного ризику та збільшення дохідності.

Проаналізуємо ситуацію з обігом облігацій, яка склалась наразі на фондовому ринку України. Для цього розглянемо основні види облігацій, залежно від емітента, та їхні характеристики. Адже, незважаючи на те, що в цілому облігації є найбільш надійним інструментом інвестування, вони між собою також розрізняються за певними характеристиками, що впливають на їхню дохідність та ступінь надійності. На первинному та вторинному фондовому ринку України обертаються державні, муніципальні та промислові облігації. Держава може емітувати облігації внутрішньої та зовнішньої

державної позики (ОВДП та ОЗДП), які є найменш ризикованим інструментом, оскільки купонні виплати та погашення цих облігацій гарантовані державою. Середні відсоткові ставки за ОВДП у 2020 році складали 15 – 16%. Ще однією перевагою державних облігацій є неоподатковуваність процентного доходу по них, що збільшує ефективну процентну ставку. Ризик ліквідності цих облігацій також найнижчий з усіх, оскільки вони активно торгуються на ринку. Проте, ОЗДП схильні до ризику зміни валютного курсу. Менш надійними, порівняно з ОВДП, є облігації місцевих позик (ОВМП). Процентні ставки таких облігацій минулого року складали 17 – 18%. Ринок муніципальних облігацій є вкрай обмеженим: за останні три роки лише Львів, Харків, Івано-Франківськ та Київ поповнювали місцеві бюджети у такий спосіб. Також цей фінансовий інструмент має низьку ліквідність, оскільки попит на нього незначний. Погашення таких облігацій та виплати за ними емітент гарантує за рахунок коштів місцевого бюджету, яких може виявитись недостатньо і емітент пропонуватиме інвестору пролонгацію або реструктуризацію заборгованості. Також інвестор повинен сплатити податок з доходу: ПДФО - 18% та військовий збір – 1,5%. Корпоративні облігації в Україні представлені облігаціями банків та компаній, наприклад, АТ «Таскомбанк», ТОВ "Фінансова компанія "Центр фінансових рішень", ПрАТ «Фармацевтична фірма «Дарниця», АТ "Укрпошта" та багато інших. 2020 року НКЦПФР зареєструвала 88 випусків корпоративних облігацій. Процентні ставки таких облігацій можуть бути в діапазоні 16 – 22%. Недоліками корпоративних облігацій також є низька ліквідність, відсутність жодного забезпечення боргу та необхідність сплатити державі майже п'яту частину доходу.

Дохід інвестора від облігації складається з двох частин. Одна з них визначається купонною ставкою, яка є або фіксованою (переважно для ОВДП), або змінною із заздалегідь обумовленою формулою обчислення. Формула включає облікову ставку НБУ, розмір якої регулятор встановлює відповідно до поточного економічного стану в країні. У кінцевому підсумку купонна ставка змінюватиметься залежно від випадкових чинників фінансового ринку, що є

фактором ризику як для емітента, так й для інвестора. Плаваючу купонну ставку частіше застосовують для довгострокових муніципальних облігацій. Друга частина доходу від облігації обумовлена курсовою різницею, яка змінює кінцеву дохідність облігації при відхиленні її ринкової вартості від номіналу. Причому при перевищенні ринкової вартості над номіналом, кінцева дохідність для інвестора стає нижчою від купонної ставки, і навпаки. У випадку відсутності попиту на цінний папір, а відтак й відсутності його ринкової вартості, розраховують інвестиційну вартість облігації, як приведену вартість (PV) потоку платежів, згенерованого цією облігацією. PV також може відрізнятися від номіналу облігації за умови, що середня ринкова дохідність за аналогічними фінансовими інструментами відрізнятиметься від купонної ставки. При розрахунку кінцевої дохідності також необхідно врахувати наявність чи відсутність оподаткування цього виду доходів.

Для проведення дослідження було використано методи фінансової математики, економетрики, теорії ймовірностей та математичної статистики, математичного програмування, дослідження операцій.

Сформулюємо задачу створення інвестиційного портфеля консервативним інвестором з метою максимізації середнього прибутку від такої інвестиції за умови обмеженого ризику. Інвестор має певну суму коштів, яку хоче вкласти у різні типи облігацій. Питання полягає у тому, як оптимально розподілити зазначені кошти між облігаціями різних емітентів з урахуванням їхньої дохідності та ризикованості. Для прикладу розглянемо облігації кожного типу: ОВДП, муніципальні та корпоративні. Проаналізуємо коливання кінцевої дохідності таких облігацій та визначимо притаманні їм ризики. За даними Першої фондової торговельної системи (ПФТС) [1], яка є найбільшою біржою цінних паперів в Україні, зробимо вибірку біржових курсів обраних облігацій станом на останній день кожного місяця 2020 року, у який відбулись торги. Така статистична вибірка є часовим рядом. Кожний рівень часового ряду (елемент вибірки) складається з трендової, циклічної та випадкової компонент. В таблиці 1 показано котирування обраної ОВДП на відповідні дати, розраховано її кінцеву

дохідність (дохідність до погашення YTM) за допомогою фінансової функції Excel ДОХОД.

Таблиця 1

Динаміка котирувань ОВДП та зміна її кінцевої дохідності

	A	B	C	D
1		ОВДП	код ISIN 204150	
2	дата пога	26.02.2025	купонна ставка:	15,84%
3			котирування на 100	дохідність
4	дата	номер	одиниць номіналу	до погашення
5	31.01.2020	1	126,21	9,24%
6	28.02.2020	2	124,23	9,62%
7	31.03.2020	3	104,80	14,43%
8	30.04.2020	4	101,27	15,44%
9	29.05.2020	5	109,45	13,09%
10	30.06.2020	6	118,42	10,70%
11	31.07.2020	7	112,64	12,15%
12	31.08.2020	8	120,50	10,05%
13	30.09.2020	9	115,28	11,33%
14	30.10.2020	10	112,09	12,15%
15	30.11.2020	11	111,98	12,12%
16	30.12.2020	12	113,24	11,71%
17				

Вибіркове середнє значення складає 11,84%, а середнє квадратичне відхилення $\sigma = 1,86\%$. На рис. 1 наведено відповідні графіки та лінію тренду. Як видно з графіку, лінія тренду є майже горизонтальною, тобто висхідний або спадний тренди практично відсутні. Цей висновок також буде підтверджено подальшими розрахунками. Перевіримо наявність циклічних коливань дохідності протягом року.

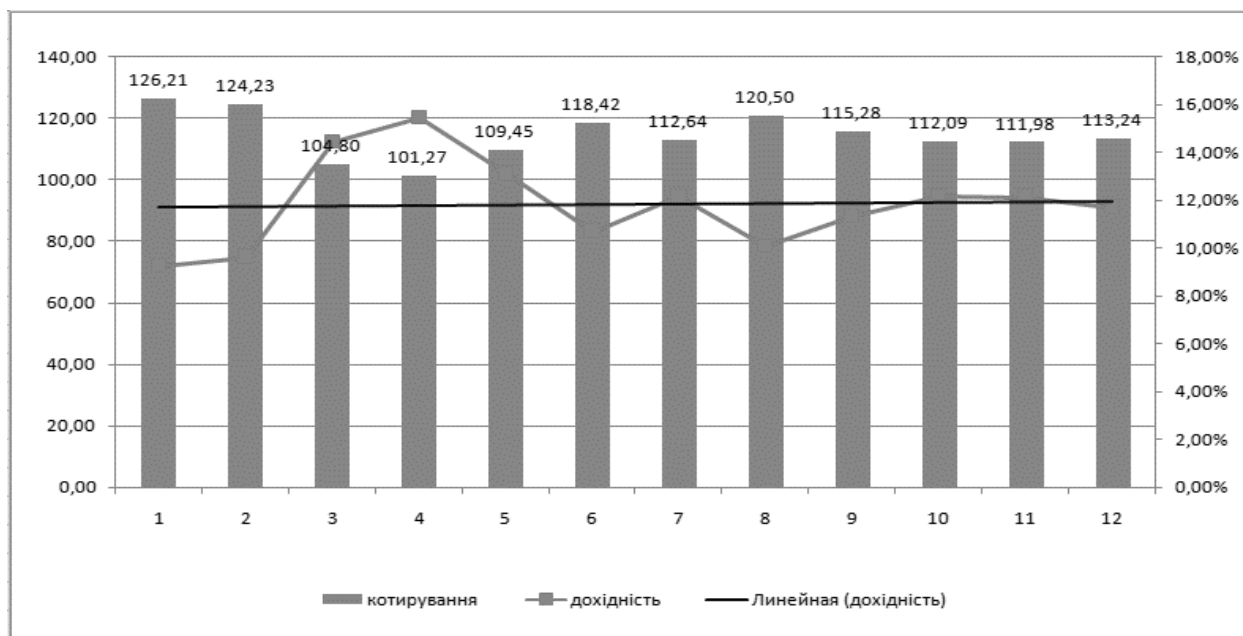


Рис. 1 Зміна доходності до погашення облігації протягом року

На рис. 2 представлено автокореляційну функцію, значеннями якої є коефіцієнти автокореляції n -го порядку r_n , розраховані між рівнями ряду y_t та y_{t-n} , де за y_t позначено доходність до погашення в момент t , а за y_{t-n} – УТМ у момент $t - n$, тобто з лагом n . Ці коефіцієнти характеризують щільність лінійного зв'язку між поточним і попереднім рівнями ряду.

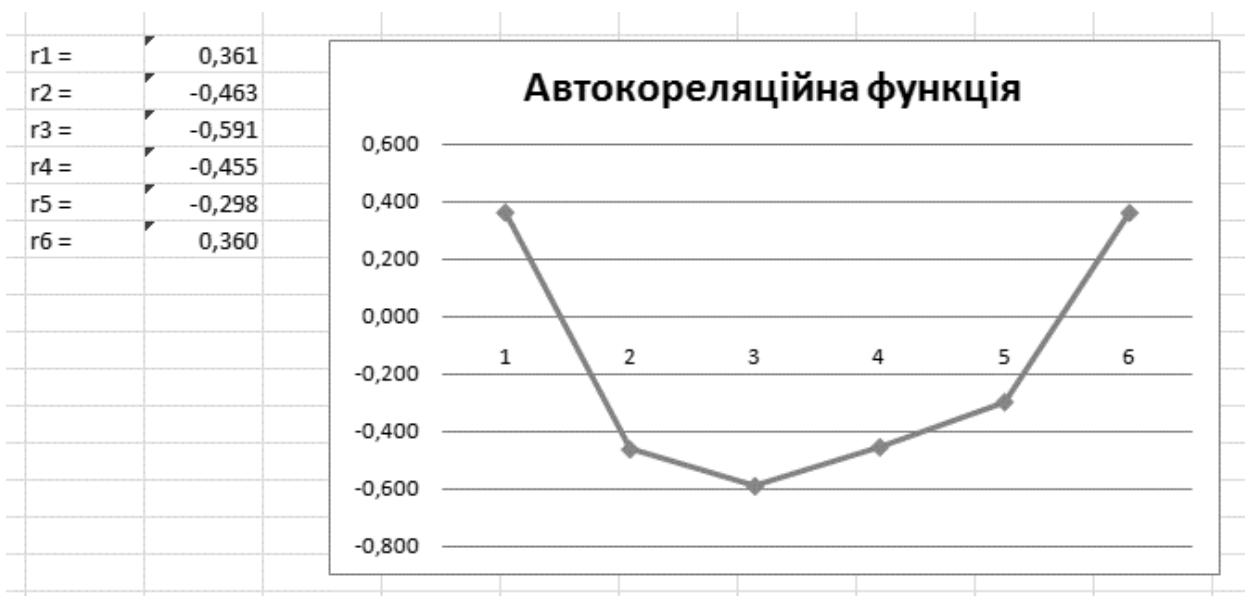


Рис. 2 Коефіцієнти автокореляції 1 – 6 порядків

Так, враховуючи, що найбільший лаг не повинен перевищувати $\frac{1}{4}$ від кількості спостережень [2], достатньо проаналізувати коефіцієнти автокореляції 1-го, 2-го та 3-го порядків: $r_1 = 0,361$, $r_2 = -0,463$ та $r_3 = -0,591$. Якби найбільшим за

абсолютною величиною виявився r_1 , слід було б зробити висновок про наявність тренду, але отриманий коефіцієнт r_1 свідчить про відсутність тренду у зміні кінцевої дохідності досліджуваної облігації. Найбільшим за модулем є r_3 , і це може означати наявність циклічних коливань з періодичністю у 3 місяці (квартал). Але цей коефіцієнт кореляції потребує перевірки на значущість. Задамо рівень значущості $\alpha = 0,05$ та перевіримо основну гіпотезу про рівність нулеві коефіцієнта кореляції r_3 генеральної сукупності проти альтернативної

$$T = \frac{r_3 \sqrt{12-2}}{\sqrt{1-(r_3)^2}} \approx -2,317$$

гіпотези $r_3 \neq 0$. Критерій Стюдента , а критичне

значення складає $t_{кр}(0,05;10) = 2,23$. Оскільки $|T| \geq t_{кр}$, то основну гіпотезу відхиляємо, тобто $r_3 = -0,591$ є значущим. Отже, циклічна компонента присутня. Графік зміни дохідності облігації (рис. 2) свідчить про зменшення амплітуди циклічних коливань протягом року, тому обираємо мультиплікативну модель часового ряду: $Y = T \cdot S \cdot E$, де Y – дохідність облігації, T – трендова складова, S – циклічна компонента, E – випадкова складова. Для усунення впливу циклічних коливань проведемо вирівнювання часового ряду методом ковзної середньої. Для цього скористаємось пакетом «Аналіз даних» Excel. Розрахунки наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Розрахунок оцінок циклічної компоненти часового ряду

Місяці, t	YTM, y_t (%)	Ковзна середня за 3 місяці	Центрована ковзна середня	Оцінка циклічної компоненти
1	9,24			
2	9,62	11,10		
3	14,43	13,16	12,13	1,19
4	15,44	14,32	13,74	1,12
5	13,09	13,08	13,70	0,96

6	10,7	11,98	12,53	0,85
7	12,15	10,97	11,48	1,06
8	10,05	11,18	11,08	0,91
9	11,33	11,18	11,18	1,01
10	12,15	11,87	11,53	1,05
11	12,12	11,99	11,93	1,02
12	11,71			

Отримані оцінки використовуємо для розрахунку значень циклічної компоненти S (таблиця 3).

Таблиця 3

Розрахунок циклічної компоненти S

Місяць квартал у				
Квартал року	1	2	3	
1			1,19	
2	1,12	0,96	0,85	
3	1,06	0,91	1,01	
4	1,05	1,02		сума
Середні значення S	1,08	0,96	1,02	3,06
Коригувальний коефіцієнт	0,98			
Скориговані значення S	1,06	0,95	1,00	3,00

Тепер вирівнюємо початковий часовий ряд для виключення впливу циклічної компоненти. Розрахунок наведено в таблиці 4.

Таблиця 4

Розрахунок вирівняних значень часового ряду

Місяці, t	y_t (%)	S_t	$y_t / S_t = T \cdot E$
1	9,24	1,06	8,72%
2	9,62	0,95	10,13%
3	14,43	1,00	14,43%
4	15,44	1,06	14,57%
5	13,09	0,95	13,78%
6	10,70	1,00	10,70%
7	12,15	1,06	11,46%
8	10,05	0,95	10,58%
9	11,33	1,00	11,33%
10	12,15	1,06	11,46%
11	12,12	0,95	12,76%
12	11,71	1,00	11,71%

вибіркове середнє = **11,80 (%)**

вибіркове скв σ = **1,78 (%)**

На рис. 3 зображено графіки початкового (червона крива) та вирівняного (синя крива) часових рядів та рівняння ліній тренду. Кутові коефіцієнти ліній тренду набувають дуже маленьких значень, отже ними можна знехтувати і вважати T сталою.

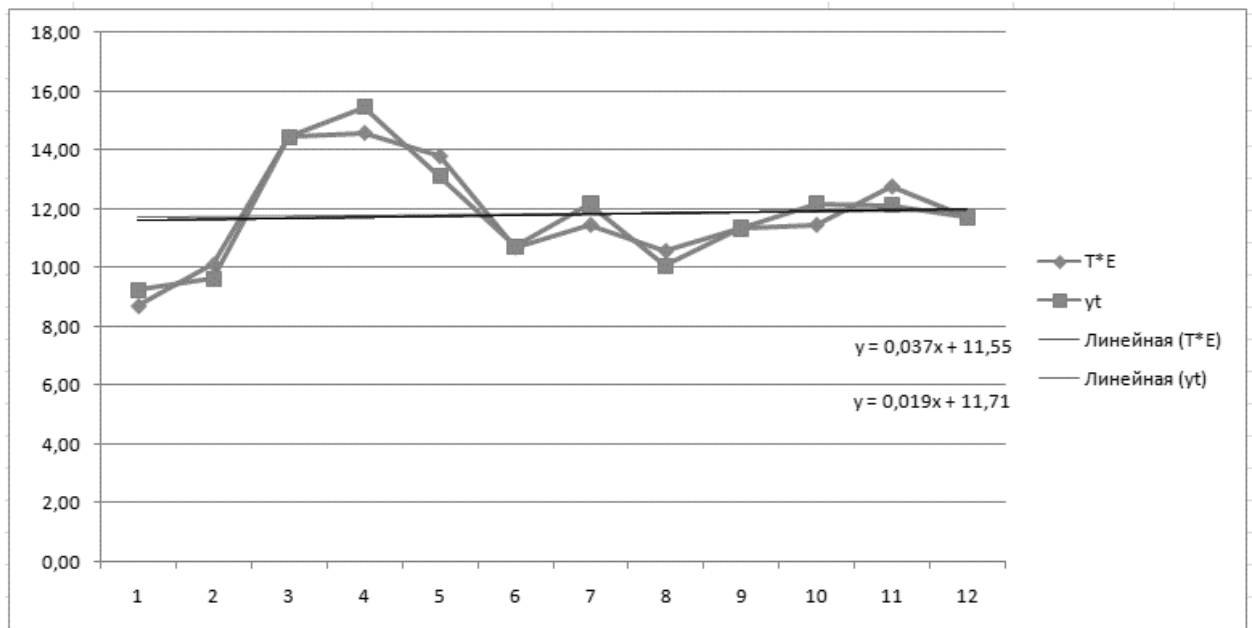


Рис. 3 Порівняння початкового та згладженого часових рядів

Далі розглянемо муніципальні облігації на прикладі місцевої позики Львівської міської ради (код OLVIVI) з фіксованою купонною ставкою 17,7% річних, щоквартальною виплатою відсоткових платежів та датою погашення наприкінці 2022 року. Угод з перепродажу таких облігацій на ПФТС протягом 2020 року не відбулось, тому ринкової вартості ці цінні папери не мають. Припустимо, що таку облігацію було придбано на початку 2020 року за 100 грошових одиниць. Розрахуємо ставку, за якої приведена вартість грошового потоку, згенерованого облігацією, дорівнюватиме ціні її купівлі [3], за формулою (1).

$$PV = \frac{INT}{p} \cdot \frac{1 - (1 + r_k)^{-n}}{(1 + r_k)^{\frac{1}{p}} - 1} + \frac{N}{(1 + r_k)^n}, \quad (1)$$

де PV - ціна облігації під час купівлі (приведена вартість грошового потоку);

INT - річна купонна виплата за облігацією;

N - номінал облігації;

p - кількість виплат протягом року;

n - кількість років до погашення;

r_k - кінцева дохідність облігації, яку потрібно знайти з рівняння (1).

Підставимо в рівняння (1) дані з Публічної пропозиції облігацій внутрішніх місцевих позик Львівської міської ради серії «І» 2019 року [4]: $PV = N = 1000$

грн, щоквартальна виплата (тривалість періоду складає 91 день): $\frac{INT}{P} = 17,7$

$$\cdot 1000 \cdot \frac{91}{365} = 44,13$$

грн, останню виплату розраховано за 95 днів, тому вона склала 46,07 грн, $p = 4$, $n = 3$. Отримаємо рівняння, яке можна розв'язати лише наближено одним з ітераційних методів. Рівняння (1) розв'язано за допомогою інструменту аналізу даних Excel «Підбір параметра» та отримано $r_k = 18,92\%$ річних. Таким чином, кінцева дохідність виявилась дещо вищою за купонну ставку, оскільки виплати за облігацією здійснюються не наприкінці року, а щоквартально. Це дає можливість інвестору отримати додатковий дохід шляхом реінвестування коштів. Проте з урахуванням оподаткування $r_k = 18,92 \cdot (1 - 0,195) = 15,23\%$ кінцева дохідність знизиться на 3,69 процентних пункти.

Дохідність корпоративних облігацій розрахуємо на прикладі ТОВ ULF Finance (код OULFA), курс яких протягом 2020 року тримався на рівні 998,86. Купонна ставка складає 19% річних, виплати доходу щокварталу, погашення має відбутись наприкінці 2023 року. Облігацію придбано на вторинному ринку на початку 2020 року за поточним курсом. Кінцеву дохідність облігації розраховано тим же способом, що й в попередньому випадку. Вона склала 20,44%, але з урахуванням податків $r_k = 20,44 \cdot (1 - 0,195) = 16,45\%$.

На наступному етапі дослідження знайдемо розв'язок такої оптимізаційної задачі: інвестором обрано три типи облігацій, кінцева дохідність яких складає 11,8%, 15,23% та 16,45% річних. Для формування оптимального інвестиційного портфеля, окрім дохідності, слід також врахувати ступінь ризику кожного типу облігацій. Залежно від походження розрізнятимемо ризик,

пов'язаний із волатильністю біржового курсу, та ризик, пов'язаний із фінансовим станом емітента. Перший характеризує вибіркове середньоквадратичне відхилення (σ) біржового курсу облігацій протягом року, а другий – ймовірність дефолту або технічного дефолту емітента. Так для ОВДП ризик, пов'язаний із волатильністю біржового курсу, складає $\sigma = 1,78\%$. Згідно з правилом «трьох сигм» при найгіршому сценарії дохідність цих облігацій може зменшитись до $6,46\%$, але ця інвестиція не стане збитковою. Ризик, пов'язаний з фінансовим станом емітента, є мінімальним, тому можна вважати його відсутнім. З муніципальними облігаціями не було здійснено жодної угоди на ПФТС протягом 2020-го року, а відтак складова ризику, пов'язаного з коливанням курсу, відсутня. Розглянуті ОВМП є незабезпеченими, з низькою ліквідністю, однак Рішенням Правління НБУ від 25.09.2020 року ці облігації включено до пулу активів, що забезпечують виконання банком-андеррайтером (ПАТ АБ Укргазбанк) зобов'язань за операціями з рефінансування [5]. Це свідчить про визнання Національним банком достатньої надійності таких облігацій. Оцінюємо ризик емітенту ОВМП вищим від відповідного ризику ОВДП. Довгостроковий кредитний рейтинг корпоративних облігацій TOB ULF Finance незалежна рейтингова агенція [«Кредит-Рейтинг»](#) оцінила на рівні uaA+ зі стабільним прогнозом [6]. Проте ці облігації також є незабезпеченими та такими, що не користуються попитом на біржі. Враховуючи, що дата погашення цих облігацій на 1 рік пізніше, ніж ОВМП, оцінюємо ризик, пов'язаний з фінансовим станом емітента, вищим від ризику муніципальних облігацій. Кредитний рейтинг – це умовний вираз кредитоспроможності об'єкта рейтингування. Рейтингова оцінка емітента характеризує лише рівень спроможності емітента цінних паперів своєчасно та в повному обсязі виплачувати відсотки і основну суму за борговими зобов'язаннями відносно боргових зобов'язань інших позичальників. Отже, оцінити ризик, пов'язаний з фінансовим станом емітента, можна лише у порівнянні його з іншими емітентами, на відміну від ринкового ризику, який можна охарактеризувати середньоквадратичним відхиленням біржового курсу. Тому присвоїмо рейтинг 1

ОВДП (мінімальний ризик емітента), 2 – ОВМП (помірний ризик) та 3 – корпоративним облігаціям (підвищений ризик). Узагальнено отримані результати аналізу ризику та дохідності облігацій в таблиці 5.

Таблиця 5

Співвідношення ризику та дохідності облігацій залежно від емітенту

Емітент	Дохідність, %	Ризик, пов'язаний з волатильністю біржового курсу (σ_j)	Ризик, пов'язаний з фінансовим станом емітента (R_j)
ОВДП	11,80	1,78	1
ОВМП	15,23	0	2
Корпоративні облігації	16,45	0	3

Слід зазначити, що при формуванні інвестиційного портфеля з метою мінімізації ризику портфеля в цілому варто обирати цінні папери з найменшою взаємною кореляцією дохідностей. У розглядуваному прикладі облігації відповідають цій вимозі (таблиця 6).

Таблиця 6

Коваріаційна матриця дохідностей облігацій

	ОВДП	ОВМП	Корп. обл.
	2,90546		
ОВДП	9		
		3,16E-3	
ОВМП	0	0	

Корп.	6,31E-3		
обл.	0	0	1,262E-29

Проте тут не можна застосувати класичну портфельну теорію Марковіца, у якій в якості міри ризику виступає показник середньоквадратичного відхилення біржового курсу. Вона не застосовна для неліквідних цінних паперів. До того ж вона не враховує ризик емітента. Виходячи з цього, складемо цільову функцію Z оптимізаційної задачі (2), яка дорівнюватиме середньому очікуваному доходу інвестиційного портфеля, зменшеному на дисперсію дохідності портфеля облігацій. Ризик емітента врахуємо шляхом уведення обмежень на частку коштів x_j , вкладених у цінні папери з підвищеним ризиком (x_1, x_2, x_3 – частки коштів, вкладені в ОВДП, ОВМП та облігації підприємств відповідно). σ_{ij}^2 – дисперсії (при $i = j$) або коваріації (при $i \neq j$) i -го та j -го цінних паперів. Обмеження мають бути обернено пропорційні ступеню ризику згідно з таблицею 4.

$$Z = \sum_{j=1}^n r_j x_j - \sum_{i,j=1}^n \sigma_{ij}^2 x_i x_j \rightarrow \max \quad (2)$$

$$0 \leq x_j \leq \frac{1}{R_j}, \quad \sum_{j=1}^n x_j = 1, \quad j = \overline{1, n}$$

Для розглядуваного прикладу отримаємо задачу (3):

$$Z = 0,118 x_1 + 0,1523 x_2 + 0,1645 x_3 - 0,0001 x_1^2 - 0,0001 x_2^2 - 0,0001 x_3^2 \rightarrow \max \quad (3)$$

$$0 \leq x_1 \leq 1, \quad 0 \leq x_2 \leq \frac{1}{2}, \quad 0 \leq x_3 \leq \frac{1}{3}, \quad x_1 + x_2 + x_3 = 1$$

Оптимізаційна задача є нелінійною, розв'язана за допомогою надбудови Excel «Пошук розв'язку». Отримано такі результати, які наведені в таблиці 7:

Таблиця 7

Результати обчислень

Z max

= 0,070094

<i>дохідність</i>	<i>змінні</i>	<i>значення</i>	<i>1/ранг</i>
<i>ть</i>	<i>i</i>	<i>я</i>	<i>г</i>
0,118	x1	0,17	1
0,1523	x2	0,50	1/2
0,1645	x3	0,33	1/3

При формуванні інвестиційного портфеля консервативні інвестори обирають найбільш надійні інструменти, а саме облігації. Однак такі цінні папери також відрізняються ступенем ризику, походження якого може бути різним: ризик зміни біржового курсу та ризик фінансового стану емітента. Для визначення оптимального розподілу загальної суми інвестиції між трьома видами облігацій було складено математичну модель у вигляді нелінійної оптимізаційної задачі. Розв'язок показав, що половину коштів слід інвестувати в муніципальні облігації, третину – в промислові, а 17% коштів – у державні. За цих умов середній очікуваний прибуток від інвестиції буде найбільшим і складе 15,065% від інвестованої суми.

2.3 МОДЕЛЮВАННЯ ОЦІНКИ ВПЛИВУ ПОДАТКОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА СТАН БЮДЖЕТУ КРАЇНИ

Існують різні види податкових ставок, які залежать від різноманітних ознак, завдяки яким всю податкову систему можна класифікувати та порівняти.

Податки діляться на 2 групи за класифікацією по суб'єкту господарської діяльності: на прямі та непрямі.

Виробник товару або відповідної послуги, а також той, хто його продає є основним суб'єктом податку. Саме він за законом є платником з юридичної сторони тих форм податків, за які він несе відповідальність, тобто в залежності від кількості наданих послуг та продукції, що реалізувала юридична особа або підприємство суб'єкт зобов'язаний внести відповідну величину грошових надходжень до зведеного бюджету України.

До категорії загальнодержавних податків можна віднести:

- ПДВ;
- податок на доходи фізичних осіб;
- податок на прибуток підприємства;
- мито;
- акцизний збір;
- податок на нерухоме майно.
- державне мито;

Науково-практичні та теоретико-методичні засади підвищення ефективності роботи податкової системи України та підвищення рівня ефективності функціонування податкових ставок та відрахувань розглядаються в наукових працях В.М.Федосова [3], В.В. Сергієнка [4], М.М. Бердара [5], О.В. Ференса [6], О. О. Красноручького [7], Ю. М. Сибіряцької [8] та ін. Також були проаналізовані та використані податковий кодекс України зі всіма змінами та доповненнями [1] та розділи державної фіскальної служби України про податок на прибуток підприємств [2].

Було сформульовано завдання на дослідження для досягнення поставленої мети:

Провести аналіз податкової системи України.

Дослідити динаміку кількості підприємств при зменшенні та збільшенні величини податкових ставок різних видів відрахувань до бюджету.

Дослідити величину зростання відрахувань від чинної системи оподаткування по основних галузях підприємництва України.

Розробити економічно-математичну модель для складання прогнозу бюджету країни з врахуванням відповідної кількості використаних податкових ставок підприємствами.

Оцінити, за який період величина бюджету України при зміні величини податкових ставок зрівняється з величиною бюджету за теперішньої податковою системою.

Було застосовано кореляційно – регресійний аналіз для однофакторних та багатфакторних регресійних моделей, прогнозування методом інтервалів та написання програмного коду для існуючої математичної моделі мовою програмування JavaScript.

Результати, отримані в роботі, можуть бути використані для зосередження уваги та визначених напрямках і методах для подальшого реформування вітчизняної економіки і, зокрема, сфери податків в Україні. Теоретичні положення про основну сутність, елементи і функції податкових ставок можуть використовуватися в процесі модернізації величини податкових відрахувань з врахування інтересів як юридичних осіб та фізичних осіб підприємців так і підприємств.

Основне завдання регресійно-кореляційного аналізу – визначення впливу факторів на результативний показник. Для цього необхідно обрати рівняння зв'язку, що відповідає за відповідними ознаками аналітичній стохастичній залежності між характеристиками, які досліджуються. Показується вплив результативної ознаки (Y_x) від динаміки зміни залежних факторів (x_n).

Загальний вигляд рівняння регресії можна показати так:

$$Y_x = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n), \quad (1)$$

де Y_x – результативна ознака;

x_n – незалежні змінні (фактори).

Щоб мати уявлення про якість нашої моделі, з відносних відхилень за кожним спостереженням досліджують середню помилку апроксимації:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{y - \bar{y}}{y} \right| * 100\%. \quad (2)$$

Величина похибки показника апроксимації не повинна перевищувати близько 10-12%.

Таблиця 1 - Відрахування до бюджету від податків

	2	3	4	5	6	7
ік	Доходи держбюджету	Ф ОП	Под аток на прибуток	П ДВ	А кциз	Відрахув ання від податків (всього)
011	311 898	6 159	54 739	17 2 873	33 011	261 605
012	344 711	7 026	55 350	18 4 786	37 186	274 715
013	337 618	7 565	54 318	18 1 717	35 309	262 777
014	354 966	1 2645,8	399 41,9	18 9 241	44 941	280178,3
015	531 551	4 5062	347 76,3	24 6 858	63 110,1	409417,5

016	612 103	5	543	32	90	503879,4
		9810,5	44,1	9 911	122,5	
017	787 297	7	669	43	10	627153,7
		5033,4	11,9	4 041	8 293	
018	929 262	9	968	50	12	750 162
		1741,8	82,3	6 168	4 104	

Кількість підприємств пропорційно реагує на збільшення податкових ставок або введення обов'язкових платежів

Таблиця 2 - Кількість зареєстрованих та припинених підприємств

1	2	3
Рік	X5	X6
	Кількість підприємств (зареєстрованих)	Кількість припинених підприємств
2011	148264	444751
2012	1600127	402207
2013	1722070	177758
2014	1932161	60650
2015	1974439	90003
2016	1865631	89513
2017	1805144	170096
2018	1735144	282552

До незалежних змінних за результатами аналізу статистичних даних податкових відрахувань було виділено такі показники:

X1 – відрахування від оподаткування ФОП;

X2 – відрахування від податку на прибуток;

X3 – відрахування від сплати ПДВ;

X4 – відрахування від оподаткування акцизних товарів;

X5 – кількість зареєстрованих підприємств на момент кінця року;

X6 – кількість підприємств, що закінчили підприємницьку діяльність на момент кінця року;

X7 – відрахування від сплати ввізного мита.

До залежної змінної віднесено дохід зведеного бюджету України як фактор, який потребує зміни в даний момент:

Y – доходи державного бюджету.

Оцінюється тіснота зв'язку з використанням лінійного коефіцієнта кореляції

(r):

$$r = \frac{\overline{XY} - \bar{X}\bar{Y}}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{n\sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{\left(n\sum X^2 - \sum X \sum X\right) * \left(n\sum Y^2 - \sum Y \sum Y\right)}}. \quad (3)$$

Таблиця 3 - Коефіцієнти кореляції та детермінації

1	2	3	4	5	
	X1	X2	X3	X4	
r	0,989051504	0,729792557	0,993082	0,990279	
D	0,978222878	0,532597176	0,986212	0,980652	

Після регресійно-кореляційного аналізу, виділили ті фактори, які найбільш тісно пов'язані з величиною державним доходом:

X1 – відрахування від оподаткування ФОП

X2 – відрахування від податку на прибуток

X3 – відрахування від сплати ПДВ

X4 – відрахування від оподаткування акцизних товарів

X7 – відрахування від сплати ввізного мита.

За допомогою створення багатфакторної моделі виведемо рівняння регресії:

$$Y = 2,063328 \cdot X_1 - 0,425 \cdot X_2 + 1,45957 \cdot X_3 - 2,0802 \cdot X_4 + 8,946181 \cdot X_5 + 43851,62 \quad (4)$$

Виведемо графік змодельованих значень та істинних (рисунок 1):

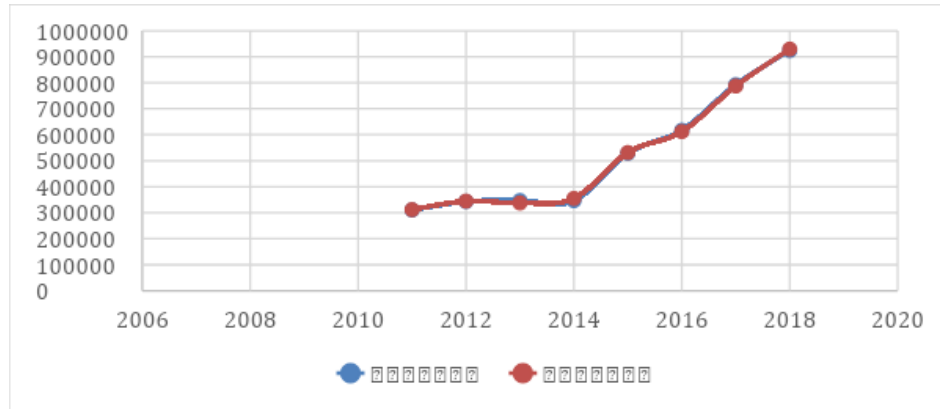


Рисунок 1 - Змодельовані значення доходу бюджету та істинні.

Таблиця 4- Прогноз залежної змінної

1	2	3	4	5	6
	X1	X2	X3	X4	X7
20	11217	11044	60233	14222	32986
19	0,8	5,8	9,9	3,4	,77
20	13714	12590	71678	16298	38755
20	9	8,2	4,5	8,4	,11
20	16768	14353	85297	18678	45532
21	9,2	5,4	3,6	5	,15

Знайдемо похибку прогнозу:

$$S_{y_{\text{пр}}} = \sqrt{\frac{\Sigma e^2}{n-m-1} (1 + X_{\text{пр}}^T (X^T X)^{-1} X_{\text{пр}})}, \quad (5)$$

де $X_{\text{пр}}^T$ – прогнозовані незалежні фактори транспоновані

X^T – істинні значення незалежної змінної

X – значення незалежної змінної

Таблиця 5 - Похибка прогнозованих значень.

1	2
	S
2019	21108
2020	23865
2021	20857

Тоді, в результаті отримуємо значення доходу бюджету країни, прогнозовані на 3 роки вперед за допомогою інтервального прогнозу та багатофакторної моделі :

2019 : Від $1062919 + 0,6827 \cdot 21108 = 1077329,4$ млн грн.;

до $1062919 - 0,6827 \cdot 21108 = 1048508,6$ млн грн.

2020: Від $1183336 + 0,6827 \cdot 23865 = 1239698,1$ млн грн.;

до $1183336 - 0,6827 \cdot 23835 = 1167043,4$ млн грн.

2021: Від $1348764 + 0,6827 \cdot 20857 = 1459608,1$ млн грн.;

до $1348764 - 0,6827 \cdot 20857 = 1267043,4$ млн грн.

Прогноз від МінФіна:

2019: 1052846,4 млн грн

2020: 1218372,8 млн грн

2021: 1407514,2 млн грн

Для того, аби прорахувати бюджет при зміні податкових ставок, реалізуємо програмний код на JavaScript. Для цього через програмний код створимо основні параметри: відрахування до бюджету від оподаткування за 2018 рік, податкова ставка на податок на прибуток на 2018 рік, динаміка зміни податкових ставок, середній дохід підприємства в Україні та інші. Змоделюємо дохід державного бюджету без зміни податкових ставок та з її зміною по податку на прибуток – 12%, та оподаткування ФОП – 3-5%.

Таблиця 5 - Отримані результати прогнозу доходу бюджету зі врахуванням зміни податкової ставки.

1	2	3
	Прогноз без змін	Прогноз зі змінами
2019	1016972,30	955522,3393
2020	1056403,83	1004470,559
2021	1097883,28	1055427,959
2022	1141526,84	1108509,928
2023	1187457,77	1163838,949
2025	1235806,91	1221545,067
2026	1286713,20	1281766,376
2027	1340324,15	1344649,562
2028	1396796,46	1410350,464
2029	1456296,60	1479034,682
2030	1519001,47	1550878,232
2031	1585099,12	1626068,239
2032	1654789,44	1704803,682
2033	1728285,02	1787296,194
2034	1805811,95	1873770,915
2035	1887610,78	1964467,407
2036	1973937,49	2059640,634
2037	2065064,50	2159562,012
2038	2161281,85	2264520,535
2039	2262898,39	2374823,98

В результаті проведення дослідження було створено модель доходу України після зміни податкових ставок: податку на прибуток та ставки податку ФОП. Це дозволить побудувати стабільний ринок надання послуг та продаж

товарів підприємствами. В процесі моделювання було визначено, що кількість підприємств пропорційно зменшується та збільшується при зміні ставок оподаткування. Основна причина такого ефекту – зависокі податки, які не дозволяють молодим підприємцям отримувати прибуток та втриматися на конкурентному ринку з великими гравцями.

Було також описано зв'язок ставок податкових відрахувань з доходом країни. Шляхом щорічного підвищення податкових ставок, дохід за позитивною траєкторією росте. Але це явище спричинене не появою нових підприємств, а збільшеним відрахуванням від тих господарств, що вже існують.

Було встановлено, що впровадження податкових ставок для окремих видів податків, спираючись на досвід Європейських країн призведе до збільшення частки молодих підприємств в країні, що в свою чергу дозволить збільшити бюджет обов'язковими платежами, які б не обтяжували роботу підприємств.

Як висновок, вже на 5-му році функціонування нових податкових ставок доходи зрівнюються з прогнозованим по сьогоднішнім ставкам, а кожен наступний рік його перевищує. Це говорить про те, що це основний важіль управління ринком України.

З вище сказаного, можна зробити висновок, що нововведення необхідні для підтримання стабільного росту бюджету України не за рахунок збільшення відрахувань, а внаслідок збільшення кількості підприємств.

3 РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ КЛАСИЧНОЇ ЕКОНОМІКИ ЗА ДОПОМОГОЮ ПІДХОДІВ ПОВЕДІНКОВОЇ ЕКОНОМІКИ

3.1 Розв'язання задач класичної економіки на обмеженому ринку з елементами поведінкової економіки

Розглянемо класичну задачу споживання економічними агентами за умов обмеженості бюджету.

У процесі дослідження використані методи некооперативної теорії гри на прикладі неокласичної моделі рівноваги товарів на обмеженому товарному ринку між фіксованою кількістю економічних агентів. Знайдено їх розподіл за Парето, обережні рівноваги, рівноваги за Нешем і Берже. На знайдених рівноважних ситуаціях показано в яких випадках економічним агентам властива ірраціональна поведінка.

Припустимо на ринку є N гравців і M товарів, де N, M цілі позитивні числа. У кожного гравця є свій бюджет $\gamma_i, i \in [1, N]$, ціна кожного товару $p_k, k \in [1, M]$, корисність кожного товару $\mu_k, k \in [1, M]$.

Бюджет кожного з гравців коливається і залежить від його бажання витратити суму не більше, ніж $\gamma_{i \max}$ і його розуміння, що суму менше, ніж $\gamma_{i \min}$ він витратити не зможе, для задоволення своїх потреб.

Кількість товару, що купується кожним гравцем, задається лінійно і залежить від бюджету кожного гравця.

$$x_k^i = a_k^i + b_k^i \gamma_i \quad (3.1.1)$$

Де a_k^i — мінімальна кількість k товару, що має бути спожита кожним агентом, b_k^i — коефіцієнт залежності k товару від бюджетного обмеження.

Таким чином для кожного i -того агента можна записати корисність його набору товарів U_i ,

$$U_i = \sum_{k=1}^M (x_k^i)^{\mu_k^i}, \quad (3.1.2)$$

та його обмеження бюджету:

$$\sum_{k=1}^M x_k^i p_k \leq \gamma_i, \quad (3.1.3)$$

та обмеження по кількості товару:

$$\sum_{k=1}^M x_k^i \leq L_k \quad (3.1.4)$$

Споживач максимізує корисність шляхом вибору такого споживчого набору, який задовольняє бюджетному обмеженню.

Якщо кількість товару обмежена L_k одиницями, то вибір кращого набору кожного наступного гравця так само обмежений товарами, присутніми на ринку. З чого випливає обернена залежність, між наборами U_i , адже чим більше корисність набору одного гравця, тим менша корисність набору іншого гравця. Напишемо наступну зведену корисність кожного гравця через взаємовідношення його корисності до сукупної корисності гравців.

$$U_i = \frac{U_i}{\sum_{h=1}^N U_h}, \quad h \neq i \quad (3.1.5)$$

Дослідимо, як змінюється індивідуальна корисність гравців та загальна корисність усієї системи за різних умов та методів розв'язання.

Для розв'язання конкретної задачі був написаний програмний продукт, на мові програмування VBA, який використовує метод узагальненого градієнта (УЗГ) для розв'язання негладких задач оптимізації. Основна ідея методу УЗГ полягає в тому, щоб скоротити розмірність задачі шляхом виключення залежних (базисних) змінних і застосувати метод зведеного градієнта для визначення напрямку спуску як критерію при встановленні оптимальності.

Для отримання конкретних результатів була розглянута ситуація з трьома гравцями, а також обрані наступні вихідні параметри, задані в таблиці 3.1.1. У

цьому випадку непрямі обмеження виконуються, оберемо наступні модельні данні:

Таблиця 3.1.1

Вхідні елементи системи для моделювання

Параметр	Гравець 1			Гравець 2			Гравець 3		
μ_k^i	1	2	3	1	2	3	1	2	3
p_k	1	2	3	1	2	3	1	2	3
a_k^i	1	1	1	1	1	1	1	1	1
b_k^i	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
L_k	10			10			10		
$\gamma_{i \min}$	16			16			16		
$\gamma_{i \max}$	20			20			20		

Джерело: Власні розрахунки автора

Другим етапом були обрані інші значення, при яких гравці мають різні коефіцієнти, доходи, інше, показано в таблиці 3.1.2. В цьому випадку непрямі обмеження можуть не виконуватися, тобто економічні агенти не мають можливості купити ту кількість благ, яку вони б хотіли, що призводить до певних змін в їх поведінці.

Таблиця 3.1.2

Елементи системи для другого випадку

Параметр	Гравець 1			Гравець 2			Гравець 3		
μ_k^i	3	1	2	2	1	3	1	3	2
p_k	10	20	25	10	20	25	10	20	25
a_k^i	0	1	1	1	1	2	1	4	1
b_k^i	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,015	0,01	0,005	0,01
L_k	12			12			12		
$\gamma_{i \min}$	150			200			150		
$\gamma_{i \max}$	300			300			250		

Джерело: Власні розрахунки автора

Перший метод для знаходження рівноваги на ринку – оптимальність за Парето. Це такий стан деякої системи, при якому значення кожного окремого показника, що характеризує систему, не може бути покращено без погіршення інших. Рішення шукаємо у вигляді лінійної згортки

$$U = \sum_{i=1}^N \alpha_i U_i, \quad \alpha_i \geq 0, \quad \sum_{i=1}^N \alpha_i \neq 0 \quad (3.1.6)$$

При фіксованому векторі α кожна точка, в якій досягається максимум функції U , буде максимальною за Парето. Завдання максимізації функції U реалізується методом проекції градієнта.

Для розрахунків U_i використовуємо показники, задані в таблиці 3.1.1 і формули, зазначені вище. Результатом буде крива Парето, яка в разі трьох гравців має вигляд поверхні. Для розрахунку використовуємо крок α_i , рівний 0,3, отже у нас будуть усі можливі комбінації α_i для кожного з гравців.

Приклад одного з рішень надано нижче в таблиці 3.1.3:

Таблиця 3.1.3

Приклад рішення для фіксованих альфа з набору.

$\alpha_1 =$	1	$U_1 =$	0,724
$\alpha_2 =$	1	$U_2 =$	0,409
$\alpha_3 =$	1	$U_3 =$	0,409
		$\sum_{i=1}^N U_i =$	1,541

Джерело: Власні розрахунки автора

Таблиця 3.1.4

Приклад рішення для фіксованих альфа з набору другого випадку.

$\alpha_1 =$	1	$U_1 =$	0,483
$\alpha_2 =$	1	$U_2 =$	0,670
$\alpha_3 =$	1	$U_3 =$	0,376
		$\sum_{i=1}^N U_i =$	1,529

Джерело: Власні розрахунки автора

Використавши всі знайдені рішення можна побудувати Парето-оптимальні альтернативи у вигляді поверхні.

Для оцінки кожного з методів будемо порівнювати $\sum_{i=1}^N U_i$, так в цьому випадку вони дорівнюють 1,541 і 1,529 в першому і другому прикладі відповідно.

Гравці діють кооперативно, при цьому ставлячи інтереси системи вище, ніж свої власні, замість того, щоб максимізувати свою корисність гравці свідомо йдуть на жертви зменшуючи її для більшого добробуту системи. В такому випадку можемо спостерігати поведінковий ефект, який веде до максимізації

$\sum_{i=1}^N U_i$ серед всіх ситуацій.

У наступній частині розглянемо кілька ситуацій не кооперативної гри.

Першою такою ситуацією є максимін правило прийняття рішень, що використовується в теорії ігор, для мінімізації можливих втрат з тих, які особі, що приймає рішення, не можна запобігти при розвитку подій за найгіршим для неї сценарієм. Критерій максимін спочатку був сформульований в теорії ігор для гри двох осіб з нульовою сумою в випадках послідовних і одночасних ходів, згодом отримав розвиток в більш складних іграх і при прийнятті рішень в умовах невизначеності. Для знаходження рішення даної ситуації побудуємо матрицю рішень для трьох гравців і знайдемо відповідні рішення, що задовольняють визначенню і виконують всі критерії.

Таблиця 3.1.5

Рішення по стратегії Максимін

$U_1 =$	$U_2 =$	$U_3 =$	$\sum_{i=1}^N U_i =$
0,345	0,345	0,345	1,036

Джерело: Власні розрахунки автора

Таблиця 3.1.6

Рішення по стратегії Максимін другого випадку

$U_1 =$	$U_2 =$	$U_3 =$	$\sum_{i=1}^N U_i =$
0,483	0,638	0,376	1,496

Джерело: Власні розрахунки автора

У цій ситуації спостерігається поведінковий ефект, який веде до найменших результатів серед $\sum_{i=1}^N U_i$, тому що кожен з гравців сконцентрований на отриманні гарантованого виграшу і не схильний до ризику або кооперації, що також негативно позначається на результаті всієї системи.

Друга ситуація. Рівновага за Нешем. Концепція рішення, одне з ключових понять теорії ігор. Так називається набір стратегій в грі для двох і більше гравців, в якому жоден учасник не може збільшити виграш, змінивши свою стратегію, якщо інші учасники своїх стратегій не змінюють. Джон Неш довів існування такої рівноваги в змішаних стратегіях в будь-якій кінечній грі. Для знаходження рішення в цій ситуації необхідно вирішити систему наступних нерівностей:

$$\{U_1(I_1, I_2^N, I_3^N) \leq U_1(I_1^N) \quad U_2(I_1^N, I_2, I_3^N) \leq U_2(I_2^N) \quad U_3(I_1^N, I_2^N, I_3) \leq U_3(I_3^N)\}$$

Обґрунтування системи наступне – гравець діє з точки зору стратегії за Нешем, але припускає що інші гравці можуть діяти за будь якими стратегіями. Так розглядаються усі гравці, але окремо, так як вони не кооперуються між собою.

Вирішивши цю систему, отримаємо наступні значення:

Таблиця 3.1.7

Розв'язок моделі по стратегії за Нешем

$U_1 =$	$U_2 =$	$U_3 =$	$\sum_{i=1}^N U_i =$
0,5	0,5	0,5	1,5

Джерело: Власні розрахунки автора

Таблиця 3.1.8

Рішення по стратегії за Нешем другого прикладу

$U_1 =$	$U_2 =$	$U_3 =$	$\sum_{i=1}^N U_i =$
0,493	0,646	0,383	1,523

Джерело: Власні розрахунки автора

На відміну від випадку оптимальності за Парето кожен гравець діє у своїх інтересах, максимізує корисність свого вибору.

У цій ситуації $\sum_{i=1}^N U_i$ дорівнює 1,5 і 1,523 відповідно, що вище, ніж в ситуації максимін, але нижче, ніж за Парето.

Третя ситуація «рівновага за Берже». Вона базується на модифікованому підході до формалізації «рівноваги за Нешем». Відмінність в тому, що стійкість вигравів тут постулюється до відхилень всіх гравців, окрім того, кому «належить» дана функція виграву (у визначенні рівноваги за Нешем, «дії» стратегії окремого гравця і всіх інших «міняються місцями»). Таку поведінку важко назвати раціональною, проте подібні альтруїстичні погляди притаманні родинним стосункам, наявні в релігійних громадах, при благодійності, спонсорській допомозі, в задачах охорони навколишнього середовища і т.п., тобто він застосовується на «інтуїтивному рівні».

Для знаходження рішення в цій ситуації необхідно вирішити систему наступних нерівностей:

$$\{U_1(I_1^B, I_2, I_3) \leq U_1(I_1^B) \quad U_2(I_1, I_2^B, I_3) \leq U_2(I_2^B) \quad U_3(I_1, I_2, I_3^B) \leq U_3(I_3^B)\}$$

Обґрунтування системи наступне – гравець діє з точки зору стратегії за Берже, але припускає що інші гравці можуть діяти за будь якими стратегіями. Так розглядаються усі гравці, але окремо, так як вони не кооперуються між собою.

Вирішивши цю систему, отримаємо наступні значення:

Розв'язок моделі по стратегії за Берже

$U_1 =$	$U_2 =$	$U_3 =$	$\sum_{i=1}^N U_i =$
0,5	0,5	0,5	1,5

Джерело: Власні розрахунки автора

Таблиця 3.1.10

Рішення по стратегії за Берже для другого прикладу

$U_1 =$	$U_2 =$	$U_3 =$	$\sum_{i=1}^N U_i =$
0,492	0,657	0,377	1,526

Джерело: Власні розрахунки автора

У цій ситуації $\sum_{i=1}^N U_i$ дорівнює 1,5 і 1,526 відповідно, особливо важливим в такому випадку є те, що в умовах обмежених ресурсів результуюча за Берже є вищою, порівняно з Нешем, і саме в умовах обмеженості проявляється поведінковий ефект, що веде до такого результату, тому що в умовах необмеженості результат за Берже дорівнює результату за Нешем.

3.2 Принцип часткової інформованості гравців та вплив на прийняття рішень

Найбільш привабливими концепціями оптимальності в умовах повної інформованості гравців є принципи оптимальності за Парето і за Нешем. Концепція оптимальності за Парето заснована на ідеї кооперативної поведінки гравців, коли вони колективно обирають свої стратегії та спільно враховують функції виграшу. Тому не існує ситуацій, які будуть для всіх гравців одночасно кращими, чим будь-яка Парето-оптимальна. У разі, коли гравці обирають основою для угоди між собою концепцію Парето-оптимальності, у деяких із них може виникнути спокуса при виборі конкретної Парето-оптимальної ситуації змінити свою стратегію на іншу, яка буде краще для них. У цьому випадку, така ситуація буде нестабільною та їх домовленість може бути зруйнована. [74]

Концепція рівноваги за Нешем ґрунтується на ідеї некооперативної поведінки гравців, коли вони індивідуально обирають свої стратегії й кожен враховує лише свою функцію виграшу [74]. Ситуація гри називається «рівновагою за Нешем», якщо від неї не вигідно відхилитися будь-якому одному гравцю (всі інші гравці свої стратегії не змінюють), оскільки значення його функції виграшу не покращиться (буде для нього оптимальним). Якщо гравці укладають угоду про свою майбутню поведінку і її основою є «рівновага за Нешем», то вона буде стабільною. «Ціною» привабливості «рівноваги за Нешем» є серйозні проблеми, які пов'язані з її існуванням, складністю знаходження, проблемою вибору єдиної рівноваги. У певному сенсі, ці принципи оптимальності є крайнощами в поведінці гравців між колективним і індивідуальним вибором стратегій з урахуванням функцій виграшу гравців. Проте, вони обидві є раціональними з точки зору гравця, що максимізує свою корисність, не зважаючи на цілі оточення. З іншого боку, така поведінка не є єдиною можливою. Принцип індивідуальної оптимальності [95, 96], надає можливість кожному гравцю обирати свої стратегії індивідуально

(некооперативно), але враховувати при цьому інтереси всіх інших гравців (компроміс заради розв'язання конфлікту). Цей принцип обґрунтований в так званих одноцільових іграх, де у всіх гравців одна мета, але вона характеризується для кожного гравця своєю функцією виграшу. Наприклад, в процесі будівництва споруди існує організація підрядник і організації субпідряду. Підрядник має мету, витративши певну суму грошей, отримати найкращий результат, а субпідрядник виконати завдання так, щоб підряднику було достатньо мінімальної суми витрачених коштів. Хоча в них обох єдина мета будівництва споруди, функція виграшу для кожного своя, яка характеризується компромісом між ними. В ідеалі, ця мета полягає у виборі гравцями своїх стратегій так, щоб склалася найкраща ситуація для всіх гравців. Оскільки такі ситуації можуть не існувати, то гравці можуть погодитися на компроміс заради спільної мети. З точки зору раціональності компроміс не є прямою максимізацією своїх потреб, саме тому виникає завдання перевірки, чи може така ірраціональна поведінка мати свої переваги.

У підрозділі розглянуто ірраціональну поведінку економічних агентів на обмеженому ринку матеріальних благ, а також з'ясовано вплив принципу індивідуальної оптимальності в класичних ігрових задачах.

При цьому використані методи некооперативної теорії ігор на прикладі неокласичної моделі рівноваги товарів на обмеженому ринку між фіксованою кількістю економічних агентів. Описані методи «намацування Курно» та принцип індивідуальної оптимальності. Задача розв'язана за допомогою принципу індивідуальної оптимальності. [74]

Припустимо, що на ринку є N гравців і M товарів, де N і M цілі додатні числа. У кожного гравця є свій бюджет γ_i , $i \in [1, N]$, ціна кожного товару p_k , $k \in [1, M]$, корисність кожного товару μ_k , $k \in [1, M]$.

Бюджет кожного з гравців коливається і залежить від його бажання витратити суму не більше, ніж $\gamma_{i \max}$, і, в його розумінні, суму, менше ніж $\gamma_{i \min}$, він витратити не зможе для задоволення своїх потреб.

Кількість товару, що купується кожним гравцем, задається лінійно і залежить від бюджету кожного гравця, формула (3.1.1)

Таким чином, для кожного гравця можна записати корисність його набору товарів U_i , формула (3.1.2), а його обмеження по формулі (3.1.3) при цьому обмеження товару задає формула (3.1.4)

Споживач максимізує корисність шляхом вибору такого споживчого набору, який задовольняє бюджетному обмеженню.

Якщо кількість товару обмежена L_k одиницями, то вибір кращого набору кожного наступного гравця так само обмежений товарами, присутніми на ринку. З чого випливає обернена залежність між наборами U_i , адже, чим більше корисність набору одного гравця, тим менша корисність набору іншого гравця. Запишемо наступну зведену корисність кожного гравця через взаємовідношення його корисності до сукупної корисності гравців, формула (3.1.5), за стратегії ω^i при стратегіях $\omega^j, j \in [1, N] \setminus \{i\}, i \in [1, N]$.

Для отримання конкретних результатів була розглянута ситуація з трьома гравцями, а також обрані наступні вихідні параметри, які задані в таблиці 3.2.1. У цьому випадку непрямі обмеження виконуються:

Таблиця 3.2.1

Вхідні параметри моделювання

Параметр	Гравець 1			Гравець 2			Гравець 3		
μ_k^i	1	2	3	1	2	3	1	2	3
p_k	1	2	3	1	2	3	1	2	3
a_k^i	1	1	1	1	1	1	1	1	1
b_k^i	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
L_k	10			10			10		
$\gamma_{i \min}$	16			16			16		

$\gamma_{i \max}$	20	20	20
-------------------	----	----	----

Джерело: Власні розрахунки автора

Другим етапом були обрані інші значення параметрів, при яких гравці мають різні коефіцієнти, доходи та інше (таблиця 3.2.2). В цьому випадку, непрямі обмеження можуть не виконуватися, тобто, економічні агенти не мають можливості купити ту кількість благ, яку б вони хотіли, що призводить до певних змін в їх поведінці.

Таблиця 3.2.2

Вхідні параметри моделювання для другого прикладу

Параметр	Гравець 1			Гравець 2			Гравець 3		
μ_k^i	3	1	2	2	1	3	1	3	2
p_k	10	20	25	10	20	25	10	20	25
a_k^i	0	1	1	1	1	2	1	4	1
b_k^i	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,015	0,01	0,005	0,01
L_k	12			12			12		
$\gamma_{i \min}$	150			200			150		
$\gamma_{i \max}$	300			300			250		

Джерело: Власні розрахунки автора

Випадок часткової інформованості гравців. Нехай кожен гравець i знає функції виграшу U_i всіх інших гравців, але вектори параметрів йому невідомі. Така інформованість природна, оскільки перевага кожного гравця на безлічі функцій виграшу інших гравців, зазвичай, являє собою конфіденційну інформацію. Крім того, ця перевага може не завжди повністю усвідомлюватися

гравцем і змінюватися (уточнюватися) в процесі прийняття рішення. Для реалізації процедури пошуку індивідуально-оптимальної рівноваги гри в умовах часткової інформованості гравців необхідно вирішувати систему нерівностей так, щоб кожен гравець оперував лише тією інформацією, яка йому відома. Найбільш універсальною схемою, яку можна застосувати в умовах часткової інформованості гравців є так звана процедура «намацування Курно».

Пояснимо що є «намацуванням Курно». Нехай задана гра $\Gamma = \langle N, u_1, \dots, u_T, g_1, \dots, g_n \rangle$. Послідовність ситуацій $u_1, u_2, \dots$ ($u_i \in U$) назовемо послідовністю Курно, якщо для всіх i та для всіх t виконуються умови $u_{t+1}^i \in \text{Arg} \max_{v^i \in U^i} g^i(u_t \| v^i)$.

Нехай в грі $\Gamma = \langle N, u_1, \dots, u_T, g_1, \dots, g_n \rangle$ функції $g_1, \dots, g_n$ неперервні, а деяка послідовність Курно $u_1, u_2, \dots$ збігається до точки u_0 . Тоді u_0 – ситуація рівноваги Неша.

У багатьох економічних моделях рівновага Неша виникає, як результат подібних процедур недалекоглядного «намацування».

Зауважимо, що для того, щоб реалізувати процедуру намацування по Курно, не потрібно припускати, що гравці знають функції виграшу і можливості партнерів. У багатьох ситуаціях це виявляється істотним.

Таким чином, кожен гравець i оперує лише відомою йому інформацією (функції виграшу всіх гравців і вектор параметрів, який характеризує його власну перевагу на безлічі функцій виграшу інших гравців).

Якщо процедура «намацування Курно» збігається, то отримаємо деякий індивідуально-оптимальний баланс, який відповідає набору переваг всіх гравців. Така процедура може і не збігатися. Недоліком процедури «намацування Курно» є також низька швидкість збіжності, яка в загальному випадку не піддається оцінюванню.

У зв'язку з малою ймовірністю і низькою швидкістю збіжності, були запропоновані інші методи пошуку індивідуально-оптимальних рівноваг, які засновані на розподілених методах розв'язання оптимізаційних задач.

Загальна схема розподіленого розв'язання оптимізаційних задач заснована на визначенні так званої функції неузгодженості. Ця функція може визначатися різними способами, але повинна бути кількісною оцінкою, що характеризує неузгодженість рішень, які обрані окремими гравцями за їх належністю до розв'язання всього завдання в цілому. Загальна ідея побудови розподіленого рішення систем взаємопов'язаних завдань полягає в покроковому узгодженні їх рішень з метою забезпечити отримання наступного наближення до розв'язання завдання, з меншою величиною функції неузгодженості, ніж на попередньому кроці. Збіжність таких процедур забезпечується корекцією моделей задач на кожному кроці.

Для цього запишемо наступні рівняння, розподіливши змінні по кожному гравцю окремо:

$$\omega^i = \frac{1}{N} \sum_{j \in N} \omega^j \quad (3.2.1)$$

Тут кожному гравцю i відповідають вектори розподілених змінних $\omega^i = \omega_j^i$. Побудуємо допоміжну задачу з квадратичною цільовою функцією неузгодженості, рішення якої буде збігатися:

$$g(\omega) = \sum_{i \in N} \left\| \omega^i - \frac{1}{N} \sum_{j \in N} \omega^j \right\|^2 \rightarrow \min, \quad (3.2.2)$$

Для розв'язання цієї допоміжної задачі використовуємо ітераційний метод спуску, в якому будемо вибирати допустимі напрямки спуску з використанням лінійної апроксимації цільової функції по векторах змінних ω^i .

Візьмемо початкове наближення ω^0 . Підставивши k -те наближення, після чого, відкинувши константи і постійні множники, будемо шукати напрямок спуску на $(k + 1)$ -му кроці, шляхом розв'язання наступних задач:

$$\sum_{i \in N} \left(\omega^{i(k)} - \frac{1}{N} \sum_{j \in N} \omega^{j(k)}, \omega^i \right) \rightarrow \min. \quad (3.2.3)$$

Ці задачі, в свою чергу, декомпозуються на n незалежних підзадач:

$$\left(\omega^{i(k)} - \frac{1}{N} \sum_{j \in N} \omega^{j(k)}, \omega^i \right) \rightarrow \min \quad (3.2.4)$$

Наступне $(k + 1)$ -те наближення визначається з умов зменшення функції вздовж допустимого напрямку наступним чином:

$$\omega^{i(k+1)} = \omega^{i(k)} + \lambda^{(k)} (\bar{\omega}^{i(k+1)} - \omega^{i(k)}), \quad (3.2.5)$$

де $\lambda^{(k)}$ знаходиться з умов найбільшого зменшення значення функції неузгодженості:

$$\lambda^{(k)} = \arg \arg g(\omega^{(k)} - \lambda(\omega^{(k)} - \bar{\omega}^{(k)})) = \frac{\sum_{i \in N} \left(\omega^{i(k)} - \frac{1}{N} \sum_{j \in N} \omega^{j(k)}, \omega^{i(k)} - \bar{\omega}^{i(k+1)} \right)}{\sum_{i \in N} \|\omega^{i(k)} - \bar{\omega}^{i(k+1)}\|^2} \quad (3.2.6)$$

Таким чином, відповідно до заданих уподобаннями на безлічі функцій виграшу, гравці пропонують один одному на розгляд ситуації гри. Ці задачі описуються на основі тільки тієї інформації, якою володіє відповідний гравець, тобто інформацією про функції його виграшу і ситуації гри, яка спостерігається усіма гравцями разом.

Розв'яжемо задачу із застосуванням описаного вище методу:

Таблиця 3.2.3

Рішення по стратегії індивідуально-оптимальної рівноваги

$U_1 =$	$U_2 =$	$U_3 =$	$\sum_{i=1}^N U_i =$
0,5	0,5	0,5	1,5

Джерело: Власні розрахунки автора

Таблиця 3.2.4

Рішення по стратегії індивідуально-оптимальної рівноваги другого випадку

$U_1 =$	$U_2 =$	$U_3 =$	$\sum_{i=1}^N U_i =$
0,493	0,652	0,380	1,525

Джерело: Власні розрахунки автора

У першому випадку, за рівних умов, гравці, знаючи виграші, погодяться на рівний виграш кожного. За цих умов, значення функції корисності збігається з рівновагою за Парето, оскільки гравці не є конкурентними та їх узгодженість досягає одиниці.

Нагадаємо, що у другому випадку кількість товарів на ринку обмежена, що призводить до конкуренції вибору. При оптимальності за Парето отримуємо значення функції корисності 1,529 це ідеально можливий варіант для усіх гравців, за Нешем 1,523, при повній не кооперації гравців. Завдяки зменшенню функції неузгодженості, вони досягнуть кращих результатів 1,525, ніж при рівновазі за Нешем, наближених до результатів за Парето.

3.3 Аналіз впливу гіперболізованого дисконтування на прийняття рішень

«Дисконтована корисність» (Discount Utility, DU) широко використовується для моделювання міжчасового вибору в економіці і інших галузях, наприклад, в поведінковій екології в біології. Модель DU передбачає, що особи, які приймають рішення, роблять поточні вибори, які максимізують дисконтовану суму миттєвих благ в майбутніх періодах. Найбільш поширеним припущенням є те, що особи, які приймають рішення, дисконтують майбутню корисність в момент часу t за допомогою експоненційно зменшуваного коефіцієнта дисконтування, $d(t) = \delta^t$ (де $0 < \delta < 1$). Формально, якщо u_t є миттєвою корисністю агента в момент часу t , то його міжчасова корисність U^t в період t , визначається як:

$$U^t(u_t, u_{t+1} \dots u_T) = u_t + \sum_{\tau=t+1}^T \delta^{\tau-t} u_{\tau}$$

Модель DU була вперше представлена Полом Ентоні Самуельсоном [45] (1937) і отримала широке поширення, головним чином, завдяки аналітичній зручності «підсумовування» майбутніх переваг агентів за допомогою єдиного постійного параметра δ . Експоненціальна функція $d(t) = \delta^t$, також, є єдиною формою, яка задовольняє узгодженості в часі, коли агенти будують плани на основі очікуваних майбутніх компромісів, тим самим вони провокують ці компроміси, коли настає майбутнє (за умови, що нової інформації немає).

Незважаючи на свою простоту і нормативну привабливість, багато досліджень показали, що модель DU емпірично проблематична. В економіці Р. Талер [54] (1981) був першим, хто показав, що коефіцієнт дисконтування δ за період з часом зменшується (після Дж. Ейнслі [2] (1975) в психології). Річард Талер попросив випробовуваних вказати суму грошей, яка їм буде потрібна через 3 місяці, 1 рік і 3 роки в обмін на негайне отримання суми в 15 доларів. Відповідні медіанні відповіді становили 30, 60 і 100 доларів США, що

передбачає середньорічну ставку дисконтування 277% протягом 3 місяців, 139% протягом 1 року і 63% протягом 3 років. Виявлення того, що ставки дисконтування з часом знижуються, підтверджується багатьма іншими дослідженнями (наприклад, П. Холкомб і Р. Нельсон [25], 1992, Дж. Пендер [42], 1996). Було показано, що гіперболічна функція дисконтування в формі $d(t) = 1 / (1 + mt)$ підходить для даних про тимчасові переваги краще, ніж експоненціальна форма.

Гіперболічне дисконтування передбачає, що агенти відносно далекоглядні, коли оцінюють нагороди в різний час в майбутньому, але прагнуть до негайного задоволення, коли це можливо. Недавні дослідження в області нейроекономіки (С. МакКлюр [35] 2004) показують, що гіперболічне дисконтування може бути пов'язано з конкуренцією нейронної активності між афективною і когнітивною системами мозку. Основним наслідком гіперболічного дисконтування є те, що поведінка осіб, що приймають рішення, буде непослідовною: особи, які приймають рішення, можуть не прийняти того рішення, яке планували прийняти, (коли вони оцінювали рішення в більш ранні періоди), коли настане фактичний час. Ця властивість корисна, тому що вона створює спосіб для моделювання проблем самоконтролю і зволікання (наприклад, Т. О'Донох'ю і М. Рабін [38] 1999).

Метою даного підрозділу є вивчення поведінки економічних агентів на ринку матеріальних благ, а також, з'ясування впливу принципу гіперболізованого дисконтування в ігрових задачах.

Розглянемо наступну модель для апроксимації гіперболічного дисконтування: введемо один додатковий параметр в стандартну структуру DU. Ця узагальнена модель відома як «квазігіперболічна» або «зміщена у теперішньому часі» модель. Вперше вона була введена Е. Фелпсом і Р. Поллаком [43] (1968) для вивчення трансфертів від батьків до дітей, а потім запозичена і популяризована Д. Лайбсоном [32] (1997). При квазігіперболічному дисконтуванні особа, що приймає рішення, на поточному

часі (t) має корисність 1, тоді як цінність корисності в період τ ($\tau > t$) дорівнює $\beta\delta^{\tau-1}$. Отже, міжчасова корисність особи, яка приймає рішення U^t , в період t , може бути представлена як:

$$U^t(u_t, u_{t+1} \dots u_T) = u_t + \sum_{\tau=t+1}^T \beta\delta^{\tau-1} u_{\tau} \quad (3.3.1)$$

У моделі $\beta\delta$, параметр δ відображає «довгострокові» переваги особи, що приймає рішення, а β (де $0 < \beta < 1$) вимірює «силу смаку» для негайного задоволення або, іншими словами, ступінь поточного зміщення. Більш низькі значення β означають «сильніший смак» до неупередженості. Коефіцієнт дисконтування, розміщений в наступному періоді після поточного, дорівнює $\beta\delta$, але коефіцієнт прирощеного дисконту між будь-якими двома періодами в майбутньому дорівнює $\frac{\beta\delta^{t+1}}{\beta\delta^t} = \delta$. Особи, які приймають рішення, діють сьогодні так, як ніби вони будуть більш терплячими в майбутньому (використовуючи співвідношення δ), але, коли настане майбутнє, коефіцієнт дисконтування для наступного періоду дорівнюватиме $\beta\delta$. В окремому випадку $\beta = 1$ модель зводиться до стандартної структури DU. Цей особливий випадок також важливий тим, що він іноді використовується як орієнтир, за допомогою якого проводяться ефекти гіперболічного дисконтування для добробуту. Модель (β, δ) була застосована для вивчення проблем самоконтролю, таких як прокрастинація, (Т. О'Донох'ю і М. Рабін [41] 1999) і наркоманія (Т. О'Донох'ю і М. Рабін 1999 [38]).

Виникає природне запитання: чи знають особи, які приймають рішення, що вони гіперболічно дисконтують? Один із способів оцінювання самосвідомості агентів про їх самоконтроль полягає в тому, щоб представити переконання щодо їх власної майбутньої поведінки (Т. О'Донох'ю і М. Рабін [37] 2001, [39] 2003). Нехай $\hat{\beta}$ позначає «віру» агента у β . Агенти можуть бути розділені на два типи. Перший тип наївний, який зовсім не знає, що він гіперболічний дискаунтер і вважає, що він дисконтує експоненційно ($\beta < \hat{\beta} < 1$

). Другий тип розсудливий ($\beta = \hat{\beta} < 1$), який повністю усвідомлює свою непослідовність в часі і приймає рішення, які раціонально передбачають ці проблеми. Розважлива людина буде шукати зовнішні способи самоконтролю, щоб взяти на себе зобов'язання діяти терпляче в майбутньому (Д. Аріелі і К. Вертенброх [5] 2002), але наївний не буде.

Для першого прикладу розглянемо ситуацію з покупкою та споживанням чипсів, щоб дослідити, як гіперболічне дисконтування і переконання агентів про свої переваги впливають на поведінку. Для простоти приймемо $\delta = 1$. Особа, яка приймає рішення, стикається з двома послідовними рішеннями:

1. Рішення про покупку. В період 0 він повинен вирішити, купити маленьку (що містить 1 порцію) або велику (містить 2 порції) пачку чипсів. Великий пакет чипсів поставляється зі знижкою за кількість, тому він має більш низьку ціну за порцію.

2. Рішення про фактичне споживання. В період 1 він повинен прийняти рішення про кількість споживаних порцій. Якщо він купив маленьку пачку, він може споживати тільки 1 порцію. Однак, якщо він купив велику пачку, він повинен вирішити, чи їсти 2 порції одночасно або з'їсти 1 порцію і зберегти другу порцію для майбутнього споживання.

Споживач отримує безпосередню вигоду від споживання в залежності від кількості порцій, які він їсть, мінус ціна за порцію, яку він заплатив. Однак, оскільки чипси не поживні для здоров'я, в період 2 будуть понесені «витрати», які залежать від розміру порції, спожитої в період 1. Чисельні вигоди і витрати для кожного рішення про покупку і споживання наведені в таблиці 3.3.1:

Таблиця 3.3.1

Корисність і витрати на споживання за рішенням про покупку

Рішення про покупку	Миттєва корисність період 1	Миттєва корисність період 2
------------------------	--------------------------------	--------------------------------

Маленька пачка:		
1 порція	2,5	-2
Велика пачка:		
1 порція	3	-2
2 порції	6	-7

Джерело: Власні розрахунки автора

По-перше, незважаючи на те, що споживач їсть 1 порцію, виграш в споживанні вище, коли він купує велику упаковку завдяки дисконту кількості (ціна за порцію нижче). По-друге, вживання 2 порцій в 3,5 рази гірше, ніж вживання 1 порції, що відображає витрати на перевищення щоденного «порога» для нездорової їжі.

Тепер можемо з'ясувати, як будуть поводитися наївний ($\beta < \hat{\beta} = 1$) і розважливий ($\beta = \hat{\beta} < 1$) агенти, припускаючи, що $\beta = 0,5$. Також зіставляємо їх поведінку з поведінкою узгодженого за часом раціонального споживача з $\beta = 1$. Використовуючи нашу узагальнену модель, міжчасова корисність споживача, який стикається з рішеннями про покупку і споживання в період 0 і період 1, показана в таблиці 3.3.2:

Таблиця 3.3.2

Корисність споживання за рішенням про покупку (3 типи поведінки)

Розмір споживання	Раціо нальний	Наївний	Розважли вий
Рішення про покупку період 0			
Маленька пачка	2.5 - 2	$\beta * (2.5 - 2)$	$\beta * (2.5 - 2)$

Велика пачка	$\begin{aligned} & \text{Max}\{U_{1L}, U_{2L}\} \\ & = \\ & \text{Max}\{3 - 2, \end{aligned}$	$\begin{aligned} & \beta * \text{Max}\{U_{1L}, U_{2L}\} \\ & = \\ & \beta * \text{Max}\{3 - 2, \end{aligned}$	$\begin{aligned} & \beta * U_{j^*L}, \\ & \text{де} \\ & j^* = \text{argmax}_{j \in \{ \text{Велика-J} \}} \\ & \text{порцій у період} \\ & 1 \} \end{aligned}$
Споживання період 1			
Маленька пачка, перше споживання	$2.5 - 2$	$2.5 - \beta * 2$	$2.5 - \beta * 2$
Велика пачка, перше споживання	$3 - 2$	$3 - \beta * 2$	$3 - \beta * 2$
Велика пачка, друге споживання	$6 - 7$	$6 - \beta * 7$	$6 - \beta * 7$

Джерело: Власні розрахунки автора

Величина U_{j^*L} є чистим потоком корисності споживання j порцій, оціненим в період 0, за умови покупки великої пачки. Отже, три типи поведінки: раціональний, наївний і розважливий приймають такі рішення про покупку і споживання в таблиці 3.3.3:

Таблиця 3.3.3

Рішення трьох типів поведінки

Розмір споживання	Раціональ ний	Наївн ий	Розважл ивий
Рішення про покупку в період 0			
Маленька пачка	0,5	0,25	0,25
Велика пачка	1	0,5	– 0,5
Споживання в період 1			
Маленька пачка, перше споживання	–	–	1,5
Велика пачка, перше споживання	1	2	–
Велика пачка, друге споживання	– 1	2,5	–

Джерело: Власні розрахунки автора

Почнемо з раціонального споживача. У період 0 він купує велику пачку, щоб скористатися знижкою за кількість. Коли настає період 1, у нього не виникає проблем з самоконтролем, і він з'їдає лише 1 порцію і зберігає іншу порцію на майбутнє. Його прогнозована корисність дорівнює 1, і це його фактична корисність (таблиця 3.3.3).

Наївний також купує великий пакет в період 0, але з іншої причини. Приймаючи рішення про покупку в період 0, він помилково передбачає застосування коефіцієнта дисконтування 1, коли стикається з вибором «одна проти двох порцій» в період 1 (таблиця 3.3.2). В результаті він думає, що він

буде споживати тільки 1 порцію в період 1. З огляду на цей план, покупка великого пакета, здається, перевершує поточну дисконтну корисність ($\beta * 1$ над купівлею маленького пакета) однак, коли настає період 1, вживання 2 порцій дає корисність в цей момент часу ($6 - \beta * 7$), що більше ($3 - \beta * 2$) за приймання тільки 1 порції. Ключовим моментом є те, що наївний робить помилку в прогнозуванні його власної майбутньої поведінки. В періоді 0 він обирає, так, як би він порівнював лише період 1 між корисністю ($3-2$) і ($6-7$), нехтуючи вагою β , яка фактично з'явиться і дасть велику майбутню вартість в період 1, змушуючи його прагнути з'їсти обидві порції одночасно. В результаті фактична корисність, оцінена в період 0, становить не $(0,5)$, а $0,5 * (6 - 7) = - 0,5$.

Розсудливий точно пророкує, що він зробить, якщо купить великий пакет. Тобто, записи в таблиці 3.3.2 для споживання великої пачки, коли настає період 1, абсолютно однакові для наївного і розсудливого. Різниця в тому, що розсудлива людина очікує цей фактичний вибір при плануванні того, який пакет купити в період 0.

В результаті розважлива людина навмисно купує маленький пакет, з'їдає тільки одну порцію і має як прогнозовану, так і фактичну дисконтовану корисність $0,25$. Важливим моментом тут є те, що наївний не збирається їсти обидві порції, тому він купує великий пакет. Розсудливий знає, що не може встояти, тому він купує малий пакет.

Гіперболічне дисконтування найчастіше використовується для продуктів, які пов'язані або з безпосередніми витратами з відстроченими вигодами (відвідування тренажерного залу, перевірки здоров'я), або з негайними вигодами з відстроченими витратами (куріння, використання кредитних карт, приймання їжі) і спокусою. Розглянемо оптимальні цінові контракти фірми в присутності споживачів з гіперболічними уподобаннями для членства в спортзалі. Уявімо таку модель.

У момент часу $t = 0$ фірма-монополіст пропонує споживачеві тариф, що складається з двох частин: з членського внеску F і плати за використання p . Споживач або приймає, або відхиляє договір. Якщо він відхиляє контракт, він отримує виплату $\bar{u}$ при $t = 1$, фірма нічого не заробляє, і гра закінчується.

Якщо він приймає контракт, споживач платить F при $t = 1$, а потім приймає рішення між ходити (E) або не ходити (N). Якщо він вибирає E , він бере на себе витрати c і платить фірмі плату за використання p при $t = 1$. А також отримує відстрочувану корисність для здоров'я $b > 0$ при $t = 2$.

Якщо він вибирає N , його вартість дорівнює 0, і його виплати при $t = 2$ теж дорівнюють 0. Передбачається, що споживач дізнається вартість c в кінці $t = 0$ після того, як він прийняв рішення прийняти або відхилити контракт. Однак, перш ніж він прийме це рішення, він знає сукупний розподіл $G(c)$.

Фірма задає початкову вартість $K > 0$ щоразу, коли споживач приймає контракт і вартість одиниці товару a , якщо клієнт вибирає E . Споживач є гіперболічним дискаунтером з параметрами $(\beta, \hat{\beta}, \delta)$. Для простоти також передбачається, що фірма відповідає часу з коефіцієнтом дисконтування δ . Плата за використання це вартість відвідування, одноразового візиту. Членство це вартість абонементу на період, де середня вартість відвідування вираховується як вартість абонементу, розділена на кількість реальних відвідувань.

Для наївного гіперболічного споживача, який бажає займатися спортом, процес прийняття рішення може бути описаний таким чином: при $t = 0$ корисність вибору E дорівнює $\beta\delta * (\delta b - p - c)$, а виграш від N дорівнює 0. Отже, він вибирає E , якщо $c \leq \delta b - p$. Однак, коли $t = 1$, вибір E дає тільки $\beta\delta b - p - c$, і тому споживач фактично вибирає E , тільки якщо $c \leq \beta\delta b - p$. Наївний гіперболічний споживач неправильно прогнозує свій власний процес дисконтування в майбутньому і, отже, переоцінює чисту корисність E , коли він купує членство. Таким чином, фактична ймовірність того, що споживач вибере ходити це відсоткова ймовірність того, що його

вартість буде нижче порога вартості $\beta \delta b - p$, який дорівнює просто $G(\beta \delta b - p)$. Отже, споживач віддає перевагу тренуватися рідше, ніж він планує, коли купує членство. Різниця між очікуваною і фактичною ймовірністю відвідування відображається у $G(\delta b - p) - G(\beta \delta b - p)$, яка завжди позитивна (оскільки $\beta < 1$ і $G(c)$ менше, якщо c менше). Крім того, якщо врахувати проміжний випадок, коли споживач може бути частково наївним ($\beta < \hat{\beta} < 1$) щодо своєї поведінки, несумісної з часом, ступінь, з якою він переоцінює свою ймовірність вибору E , дорівнює $G(\hat{\beta} \delta b - p) - G(\beta \delta b - p)$. На відміну від наївних або частково наївних споживачів, повністю розсудливий споживач ($\beta = \hat{\beta} < 1$) не проявляє надмірну впевненість в тому, як часто він буде вибирати E . В цілому, очікувана чиста вигода споживача при $t = 0$, коли він приймає контракт, дорівнює [41]:

$$\beta \delta \left[-F + \int_{-\infty}^{\hat{\beta} \delta b - p} (\delta * b - p - c) dG(c) \right] \quad (3.3.2)$$

Раціональна фірма передбачає це і її проблема максимізації прибутку визначається наступним чином:

$$\delta \{F - K - G(\beta \delta b - p)(p - a)\}, \quad \text{таке,} \quad \text{що}$$

$$\beta \delta \left[-F + \int_{-\infty}^{\hat{\beta} \delta b - p} (\delta * b - p - c) dG(c) \right] = \beta \delta \bar{u}. \quad (3.3.3)$$

Обмеження відображає той факт, що фірма як монополіст може встановлювати умови контракту, які роблять споживача байдужим до переходу і отримання очікуваної вигоди або відхилення і отримання дисконтованої винагороди за відмову $\beta \delta \bar{u}$. Фірма максимізує свій власний дисконтований прибуток, який є фіксованою комісією F за вирахуванням фіксованих витрат K , помножених на відсоток часу, протягом якого фірма збирає плату з користувачів, оскільки споживач вибирає E ($G(\beta \delta b - p)$) та ймовірність E , яка відображається в розрахунку очікуваної корисності споживача при ($t = 1$), помножена на чистий прибуток від зборів з користувачів, $(p - a)$.

Почнемо з випадку, коли споживачі не залежать від часу ($\beta = 1$). Тоді фірма просто встановлює p^* рівним граничним витратам a і вибирає F^* , щоб задовольнити обмеження участі споживача зазначене вище. Коли $\beta < 1$ оптимальний договір фірми включає встановлення плати за використання нижче граничних витрат ($p^* < a$) і членського внеску F вище оптимального рівня F^* для постійних споживачів. Цей результат може бути пояснений двома причинами: по-перше, плата за використання з меншими витратами служить зобов'язанням для розважливого збільшити ймовірність відвідування. (Розважливий, наприклад, з великим бажанням заплатити вищий членський внесок в поєднанні з більш низькою платою за використання, оскільки він знає, що у нього буде спокуса пропустити тренажерний зал, якщо плата за використання є низькою). По-друге, фірма використовує більше низьку вартість за використання в поєднанні зі збільшенням F^* для використання надмірної впевненості наївного щодо майбутніх відвідувань: наївний прийме контракт і заплатити F^* , але відвідує (затрати $p^* < a$) рідше, ніж він думає. Наприклад, в США середній членський внесок становить близько 300 доларів на рік. Для більшості спортивних залів споживачі також мають можливість платити не членський внесок, а більш високу плату за використання (близько 15 доларів США за відвідування). Середньостатистичний споживач, який заплатив типову плату в 300 доларів, ходить в спортзал настільки рідко, що його ефективна вартість за відвідування становить 19 доларів на день; їм було б краще не купувати членство і платити тільки за використання. Цей тип помилки прогнозування саме те, що робить наївний гіперболічний споживач.

3.4 Вплив смаків і пріоритетів купівлі на вибір споживача у динамічному моделюванні

Якщо запитати у людей, що їм здається краще: отримати 1000 гривень зараз або 1100 гривень завтра, більшість відповість, що краще 1000 гривень зараз. А, якщо запитаємо, чому вони надають перевагу: отримати 1000 гривень через 30 днів або 1100 гривень через 31 день, то більшість відповість, що краще 1100 гривень через 31 день. Це пояснюється тим, що людям цікавіша гарантована вигода в короткій перспективі, а в довшій перспективі пара днів значення вже не має.

З позиції раціонального мислення ці відповіді є не найбільш очевидними, але з позиції психології вони вважаються найпопулярнішими. І це є прикладом ірраціональності в міжчасових виборах. Поведінкова економіка вивчає подібні відхилення і намагається зрозуміти, з якої причини в такій, схожій або зовсім іншій фінансово-економічній ситуації людина реагує нерационально, а також, як це можна застосувати на практиці.

Крім того, поведінкова економіка також досліджує, як на економіку впливає сприйняття медійної інформації, чуток, думок політиків і експертів. Є, наприклад, припущення, що людей в компаніях скорочують швидше, якщо про це йде поголос серед працівників. Це ж стосується і економічної кризи. Бізнесмени, підприємці і топ-менеджери психологічно налаштовуються на «режим кризи», що незабаром починає проявлятися в прийнятих ними рішеннях (кадрових, фінансово-економічних і т. д.).

Поведінкова економіка спирається як на індивідуальну, так і на масову психологію. Багато досліджень показали, що навіть невелика група, налаштованих певним чином людей, може вплинути на ринок в цілому.

Але, щоб поведінкова економіка могла повноцінно займатися явищами глобального масштабу, потрібно з'ясувати, чим насправді є такі суб'єктивні чинники та поняття, як, наприклад, смак: як людина його розуміє і

використовує. Як окремі частини економіки складаються в єдине ціле, формуючи фінансово-економічні ситуації й відносини.

Проблема впливу смаків та поведінкової економіки на вибір споживача розглядають у своїх дослідженнях Нуреев Р. М. [99], Макара О. В. [94], та ін.

Метою даного підрозділу є вивчення впливу суб'єктивних чинників, таких, як смаки і пріоритети економічних агентів на обмеженому ринку матеріальних благ у динамічній системі.

Припустимо, що на ринку є N гравців і M товарів, де N і M цілі додатні числа. У кожного гравця є свій бюджет γ_i , $i \in [1, N]$, ціна кожного товару p_k , $k \in [1, M]$, корисність кожного товару μ_k , $k \in [1, M]$.

Бюджет кожного з гравців коливається і залежить від його бажання витратити суму не більше, ніж $\gamma_{i \max}$, і, в його розумінні, суму, менше ніж $\gamma_{i \min}$, він витратити не зможе для задоволення своїх потреб.

Кількість товару, що купується кожним гравцем, задається лінійно відносно бюджету кожного гравця. Додаємо до моделі суб'єктивний чинник S_k^i пріоритетності купівлі певного товару для кожного гравця, його бажання придбати саме цей товар, а не інший, тобто формула

$$x_k^i = (a_k^i + b_k^i \gamma_i) S_k^i \quad (3.4.1)$$

Динаміка полягає в тому, що на кожному кроці модель буде адаптуватися, тобто на відміну від класичних моделей у 0 період не можна сформулювати модель кінцевого періоду, цей алгоритм нагадує алгоритми розвитку штучного інтелекту, відмінність у тому, що вивчається поведінка людей, що має схильність до змін.

Таким чином, для кожного гравця можна записати корисність його набору товарів U_i формулою (3.1.2), а його обмеження по бюджету формулою (3.1.3), при цьому обмеження товару формулою (3.1.4)

Споживач максимізує корисність шляхом вибору такого споживчого набору, який задовольняє бюджетному обмеженню.

Якщо кількість товару обмежена L_k одиницями, то вибір кращого набору кожного наступного гравця так само обмежений товарами, присутніми на ринку. З чого випливає обернена залежність між наборами U_i , адже, чим більше корисність набору одного гравця, тим менша корисність набору іншого гравця. Запишемо наступну зведену корисність кожного гравця через взаємовідношення його корисності до сукупної корисності гравців формулою (3.1.5), за стратегії ω^i при стратегіях $\omega^j, j \in [1, N] \setminus \{i\}, i \in [1, N]$.

Для отримання конкретних результатів була розглянута ситуація з трьома гравцями, а також обрані наступні вихідні параметри, які задані в таблиці 3.4.1. У цьому випадку непрямі обмеження виконуються:

Таблиця 3.4.1

Елементи системи

Параметр	Гравець 1			Гравець 2			Гравець 3		
μ_k^i	3	1	2	2	1	3	1	3	2
p_k	10	20	25	10	20	25	10	20	25
a_k^i	0	1	1	1	1	2	1	4	1
b_k^i	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,015	0,01	0,005	0,01
S_k^i	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L_k	12			12			12		
$\gamma_{i \min}$	150			200			150		
$\gamma_{i \max}$	300			300			250		

Джерело: Власні розрахунки автора

Для початку, розглянемо період $t_0(0)$ – період на якому споживач лише розмірковує про свої наміри та не знаходиться на фазі купівлі.

Хоча споживач і має межі бюджету, який він готовий витратити, він також має уявлення про фактичну кількість грошей, що він витратить, щоб здобути максимальну для себе корисність.

Для заданих умов гравець 1 у період 0 може міркувати так, що його фактична кількість витрачених грошей, що належить його бюджетному обмеженню, буде складати 160, гравець 2 – 280, гравець 3 – 209. Розрахункові значення корисності для кожного гравця знаходяться у таблиці 3.4.2.

Таблиця 3.4.2

Калькуляція у період t_0

$U_1 =$	$U_2 =$	$U_3 =$	$\sum_{i=1}^N U_i =$
0,302	0,983	0,375	1,659
$Y_1 = 160$	$Y_2 = 280$	$Y_3 = 209$	

Джерело: Власні розрахунки автора

Якщо не змінювати жодних умов, розв'язок за Нешем у період 1 на фазі купівлі товарів буде наступним (таблиця 3.4.3).

Таблиця 3.4.3

Рішення по стратегії за Нешем у період t_1

$U_1 =$	$U_2 =$	$U_3 =$	$\sum_{i=1}^N U_i =$
0,493	0,646	0,383	1,523
$Y_1 = 180$	$Y_2 = 246$	$Y_3 = 209$	

Джерело: Власні розрахунки автора

Як видно з таблиці, можливі три випадки:

гравець 1 недооцінив свої потреби та кількість товарів, що йому необхідна, та гадав, що витратить менше; гравець 2, навпаки, переоцінив; гравець 3 був точним в оцінці своїх потреб.

Варто звернути увагу на те, що цей і подальші розв'язки не є чистими за Нешем, накладається обмеження формування кількості витрачених грошей і залежних від них кількості товарів, саме цей обсяг є рівноважним.

Розглянемо два висновки з даної ситуації. Один з точки зору економічної корисності, другий з точки зору здобутої корисності з врахуванням психологічних аспектів.

З одного боку, корисність гравця 1 збільшилась відносно його початкового прогнозу через те, що він недооцінив свої ж потреби та той рівень благ, що йому необхідний. Корисність гравця 2 зменшилась відносно його початкового прогнозу, адже на лімітованому ринку він не зміг купити все, що гадав купити спочатку та витратив меншу суму грошей. Корисність гравця 3 також трохи збільшилась через зміну дій інших гравців.

З іншого боку, можна розглянути один з багатьох результуючих чинників поведінкової економіки, такий аспект, як передчуття результату. Кожен з гравців матиме різну корисність від передчуття результату. Гравець 1 матиме її від'ємну, адже він витратив більше ніж гадав, гравець 2 додатну та гравець 3 також додатну, адже він зміг точно розрахувати свої потреби та задовольнити їх.

Як видно з даного прикладу, цей поведінковий аспект не суперечить теорії Неша, а навпаки доповнює її та допомагає розглянути з іншого боку.

Зробимо ще декілька різних циклів. Повернемося до періоду 0. На другому циклі всі гравці стали більш досвідчені і одразу можуть точно сказати, скільки грошей вони витратили б за тих самих умов, таблиця 3.4.3.

Однак, у період 1 відбулися наступні зміни. Під впливом зовнішніх чинників з симетричним ефектом (наприклад ЗМІ), привабливість продукту 1 S_k^i

змінилась однаково для всіх з 1 до 0,6. Маючи попередній суб'єктивний досвід (ефект є не симетричним), наприклад, товар міг сподобатися одному покупцеві і не сподобатися іншому з його власних переконань, сподівань, інше. Через це відношення до продукту $2 S_k^i$ також змінилось. Зміни надані у таблиці 3.4.4.

Таблиця 3.4.4

Значення S_k^i період t_1 , другого циклу

Параметр	Гравець 1			Гравець 2			Гравець 3		
S_k^i	0,6	1,2	1	0,6	1,32	1	0,6	0,8	1

Джерело: Власні розрахунки автора

Розв'яжемо задачу за нових умов та надамо її розв'язок у таблиці 3.4.5.

Таблиця 3.4.5

Рішення по стратегії за Нешем у період t_1 , другого циклу

$U_1 =$	$U_2 =$	$U_3 =$	$\sum_{i=1}^N U_i =$
0,094	2,549	0,244	2,887
$Y_1 = 148$	$Y_2 = 272$	$Y_3 = 156$	

Джерело: Власні розрахунки автора

Як видно з таблиці 3.4.5, корисність кожного гравця суттєво змінилася, причому по-різному, у порівнянні з таблицею 3.4.3. Незважаючи на те, що вплив смаків для гравця 3 для обох товарів був негативним, його корисність змінилася не так сильно (у 1.5 рази), на відміну від гравця 1 і 2, у яких корисність змінилася у 5 разів. З іншого боку, корисність гравців 1 і 2 змінилася кардинально протилежно, хоча, смаки змінилися подібно. Також першому гравцеві вигідно переглянути своє нижнє обмеження за бюджетом через те, що найкращий свій результат він досягає нижче бюджетного обмеження мінімуму.

Можна зробити наступні висновки:

- Зміна смаків та пріоритетів може призвести, як до кращої, так і до гіршої індивідуальної корисності та загальної корисності.
- Зміна смаків є індивідуальною для кожного, причини можуть бути як зовнішні так і внутрішні, симетричні чи асиметричні.
- Вплив смаків на результат є також індивідуальним та важко передбачуваним.
- Схожі смаки не свідчать про однакові результати, адже існує дуже багато інших чинників моделі, що вносять свої корективи.

Для наступного циклу повернемося до періоду 0. На третьому циклі всі гравці також можуть одразу точно сказати, скільки грошей вони витратили б за тих самих умов, таблиця 3.4.3.

Однак, у період 1 відбулися наступні зміни: покупець досі не має уявлення, як йому ставитися до інформації, яку він отримує, та до власних бажань. Він вирішує спонтанно, його пріоритет купівлі кожного продукту не є постійним, S_k^i належить проміжку від 0,6 до 1. Отже, для будь-якого споживача, для будь-якого продукту у період 1, S_k^i приймає випадкове допустиме значення. Для розв'язку використаємо імітаційне моделювання усіх можливих станів системи та, припускаючи рівну вірогідність набуття стану, за допомогою математичного сподівання розрахуємо результати та подаємо їх у таблиці 3.4.6.

Таблиця 3.4.6

Рішення по стратегії за Нешем у період t_1 , третього циклу

$U_1 =$	$U_2 =$	$U_3 =$	$\sum_{i=1}^N U_i =$
0,209	0,536	1,112	1,857

Джерело: Власні розрахунки автора

Базуючись на цих даних, можна зробити наступні висновки:

Результат не є середнім арифметичним можливих розв'язків. Смаки та сила їх впливу є індивідуальними, тому кожне моделювання розглядалося окремо і, базуючись на розглянутих випадках, був побудований ймовірний прогноз поведінки та його кінцева корисність.

Знову таки, через індивідуальність впливів, зміна корисності кожного гравця є не лінійною та змінюється з різною силою у різних напрямках, наприклад, гравець 1 отримав вдвічі більший результат корисності, ніж у попередньому циклі розв'язку, а гравець 2 у п'ять разів менший.

ВИСНОВКИ

1. Спираючись на літературні джерела наведено аналіз означення поведінкової економіки та її складових, до яких входять процеси підготовки та аналізу даних, їх вимірювання, накопичення та інтерпретації. Відзначено вклад вчених у становлення окремих напрямків поведінкової економіки: теорію перспектив, поведінкову теорію ігор, теорію поведінкових фінансів, теорію обмеженої раціональності, модель Талера.
2. Дано характеристику методів дослідження поведінкових ефектів: опис конкретного прийняття рішень без спроб агрегування, проведення лабораторних експериментів, масові опитування, програмні засоби підтримки прийняття рішень. Крім того, методи імітаційного моделювання (системна динаміка, дискретно-подієве та агентне моделювання) дозволяють врахувати психологічні аспекти при прийнятті рішень економічними агентами.
3. Запропоновано ігрову модель споживчого вибору на обмеженому товарному ринку. При цьому кількість економічних агентів (гравців) кінчена. У кожного гравця є свій бюджет, який може змінюватись в деяких межах. Кількість товару, що купується кожним гравцем залежить від його бюджету. Припускається, що така залежність є лінійною, хоч це і не обов'язково. Обмеженість по кількості товарів формує додаткові обмеження на бюджетні обмеження гравців. Показником діяльності кожного гравця є його зведена функція корисності. На цій моделі чисельно (для трьох гравців) були випробувані різні класичні рівноваги: оптимальність за Парето (при різних значеннях коефіцієнту альфа), гарантована (максимін), Нешем (досягнення максимальної особистої корисності), Берже (жертвування своїм добробутом заради інших учасників). В означені кожної рівноваги вже враховані поведінкові ефекти: ступінь виконання необов'язкової угоди між гравцями щодо дотримання її умов. Розглядаються два випадки: 1) додаткові обмеження на бюджет гравців виконується автоматично; 2) додаткові

обмеження виконуються за рахунок зменшення прямих бюджетних обмежень гравців. З'ясовано що сумарний виграш всієї системи зменшується в залежності від прийнятої рівноваги: від Парето-оптимальної до оптимальної за Берже.

4. До задачі споживчого вибору на обмеженому товарному ринку застосовано рівновагу індивідуальної оптимальності (Мащенко С.О.). Концепція індивідуальної рівноваги полягає у виборі своїх стратегій так, щоб склалася найкраща ситуація для всіх гравців відносно спільної мети. Оскільки такі ситуації можуть не існувати, то гравці можуть погодитись на повний компроміс заради цієї мети. Розв'язок цієї задачі було порівняно з її розв'язками за Парето та Нешем. Концепція рівноваги за Нешем ґрунтується на ідеї некооперативної поведінки гравців, коли вони індивідуально обирають свої стратегії і кожен враховує лише свою функцію виграшу на протипагу концепції індивідуальної оптимальності. З'ясувалось, що у випадку додаткових обмежень на бюджетні можливості гравців, цей розв'язок виявився кращим ніж відповідний розв'язок рівноваги за Нешем: діючи за мотивом кращого індивідуального результату (рівновага за Нешем) економічні агенти досягають гірших індивідуальних результатів, ніж діючи за спільними інтересами (індивідуальна оптимальність).
5. Визначено принцип гіперболічного дисконтування, що має особливе значення для особистого добробуту, пов'язане з проблемами залежності та самоконтролю. Проведено детальний аналіз моделі узагальненого гіперболістичного дисконтування, яка враховує поведінку агента в майбутніх періодах при формуванні функції його корисності на поточний момент часу. Ця модель залежить від двох числових параметрів, один з яких відображає «довгострокові» переваги особи, що приймає рішення, а інший вимірює «силу смаку» для негайного задоволення своїх потреб. За допомогою моделі узагальненого дисконтування функції корисності досліджено задачу споживчого вибору на продуктовому ринку: прийняття рішення щодо покупки маленької пачки чіпсів (одна порція) або великої пачки (дві порції).

Для споживача можливі три типи поведінки: раціональна (фокусується на заощадженні), наївна (фокусується на заощадженні, але не вірно оцінює свої можливості) і розважлива (не фокусується на заощадженні, а фокусується на своїх можливостях). Розрахунки та їх аналіз показали, зокрема, що розважливий агент навмисно купує маленький пакет, з'їдає тільки одну порцію і має прогнозну корисність, яка співпадає із дисконтованою. З позиції моделі гіперболізованого дисконтування поточної корисності розглянуто задачу формування оптимальних цін на контракти для відвідування спортивних залів.

6. Запропоновано новий динамічний варіант моделі споживчого вибору на обмеженому товарному ринку, яка враховує смаки та пріоритети економічних агентів. При цьому параметр дисконтування визначає кількість товару, придбаного споживачем в залежності від його бюджету та привабливості. В залежності від зміни параметра дисконтування формується різні сценарії гри та стратегії поведінки гравців, щодо придбання товарів. Розрахунки показали, що корисності споживачів суттєво залежать від їх прогностичних можливостей, щодо зміни майбутніх пріоритетів та смаків. У випадку, коли параметри дисконтування належать деяким інтервалам (агент не може зробити однозначних висновків відносно зміни своїх смаків в майбутньому), для розв'язку задачі споживчого вибору використовується імітаційне моделювання усіх можливих станів системи та усереднення його результатів. Отримано трендовий прогноз поведінки споживачів та їх кінцеву корисність.
7. Розрахунки виконано на основі авторського програмного забезпечення, яке включає алгоритми: однокритеріальної та векторної оптимізації, рівноваг в теорії некооперативних ігор.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. A Study of Consumer Perception of Car Market & Buying Behavior. *slide* : вебсайт. URL: <https://www.slideshare.net/hemanthcrpatna/a-study-of-consumer-perception-of-car-market-buying-behavior> (дата звернення: 02.09.2017).
2. Ainslie G. Specious Reward: A Behavioral Theory of Impulsiveness and Impulse Control. *Psychological Bulletin*. 1975. № 82. pp. 463–496.
3. Akerlof G. A. The Market for “Lemons”: Quality Uncertainty and the Market Mechanism. *Quarterly Journal of Economics*. 1970. № 84. pp. 488–500.
4. Allen B., Hellwig M. Bertrand Edgeworth Oligopoly in Large Markets. *Rew. Econ. Stud.* 1986. pp. 175–204.
5. Ariely D., Wertenbroch K. Procrastination, Deadlines, and Performance: Self-control by Precommitment. *Psychological Science*. 2002. № 13(3). pp. 219–224.
6. Armstrong M. Competition in Two-Sided Markets. *RAND Journal of Economics*. 2006. № 37(3). pp. 668–691.
7. Azzopardi P. Theory of behavioral finance. *FX-guild* : вебсайт. URL: <http://www.fxguild.info/content/view/476/29/> (дата звернення: 02.10.2017).
8. Becker G. S., Murphy K. M. Social economics: Market behavior in a social environment. Harvard University Press, 2009. 190 P.
9. Belk R. Sharing. *Journal of Consumer Research*. 2010. № 36(5). pp. 715–734.
10. Bryzgalov E. Facebook back to the start of. *Gazeta.ru* : вебсайт URL: <http://www.gazeta.ru/business/2013/08/01/5536053.shtml> (дата звернення: 02.11.2017).
11. Camerer C. Prospect Theory in the Wild: Evidence from the Field. 1998. pp. 288–300.
12. Cohen D. Fear, greed and panic in the stock market. SmartBuk, 2009. 320 P.
13. Consumer Buying Behavior in Automobile Industry. *Academia* : вебсайт. URL:

- https://www.academia.edu/7318995/Consumer_Buying_Behavior_in_Automobile_Industry (дата звернення: 02.02.2018).
14. Commons J. R. The Distribution of Wealth. New York: Macmillan, 1893. 258 P.
 15. Commons J. R. Social Reform and the Church. New York: Thomas Y. Crowell, 1894. 298 P.
 16. Commons J. R. Proportional Representation. New York: Crowell, 1896. 260 P.
 17. Corchon L. C. The Theory of Implementation of Socially Optimal Decisions in Economics. London : Macmillan, 1996. 155 P.
 18. Cyert R. M., March J. G. A Behavioral Theory of the Firm. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1962. 167 P.
 19. Debreu G. Random Walk and Life Philosophy, in Eminent Economists: Their Life Philosophies. Cambridge university Press. 1992. pp. 236–247.
 20. Disciplined Dividend Stock Research. *Dividendmonk* : вебсайт. URL: <http://dividendmonk.com/stock-valuation-methods/> (дата звернення: 02.03.2018).
 21. Eucken W. What kind of economic and social system. Germany's Social Market Economy: Origins and Evolution. Palgrave Macmillan, London. 1989. pp. 27–45.
 22. Gladchenko A. Behavioral Finance. About why people do not always make rational decisions. *Biztimes* : вебсайт. URL: <http://www.biztimes.ru/index.php?artid=1123>. (дата звернення: 12.04.2018).
 23. Graham B. The Intelligent Investor. House "Williams", 2009. 38 P.
 24. Hayek F. A. The use of knowledge in society. The American economic review. 1945. № 4. pp. 519–530.
 25. Holcomb J., Nelson P. Another Experimental Look at Individual Time Preference. Rationality and Society. 1992. № 4(2). pp. 199–220.
 26. Ivan M. From classical political economy to behavioral economics. 2013. 427 P.

27. Kahneman D., Tversky A. Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometrica*. 1979. pp. 263–291.
28. Keynes J. The general theory of interest, employment and money. London: Macmillan, 1936. 394 P.
29. Kihlstrom R. E. Managerial incentives in an entrepreneurial stock market model. *Journal of financial intermediation*. 1990. № 1. pp. 57–79.
30. Kirsanov F. Unwise man. *Orator* : вебсайт. URL: <http://www.orator.ru/rass40.html>. (дата звернення: 12.01.2018).
31. Kovalenko E. A. Behavioral finance theory and its application to the prediction of return of financial assets. *Inform. systems and mat. Methods in Economics*. 2012. № 5. pp. 1–4.
32. Laibson D. Golden Eggs and Hyperbolic Discounting. *Quarterly Journal of Economics*. 1997. № 112(2). pp. 443–477.
33. Marco H., Detlef B., Christoph F., Dirk R. General Sales Forecast Models for Automobile Markets and their Analysis. *Transactions on Machine Learning and Data Mining*. 2012. № 5(2). pp. 65–86.
34. Marshall A. Principles of Economics. 1961. 351 P.
35. McClure S., Laibson D., Loewenstein G., Cohen J. Separate Neural Systems Value Immediate and Delayed Monetary Rewards. *Science*. 2004. № 306. pp. 503–507.
36. Neumann J., Morgenstern O. Theory of Games and Economic Behaviour. Princeton University Press. 1944. pp. 255–274.
37. O'Donoghue T., Rabin M. Choice and Procrastination. *Quarterly Journal of Economics*. 2001. № 116. pp. 121–160.
38. O'Donoghue T., Rabin M. Addiction and SelfControl. Sage Foundation, 1999. 53 P.
39. O'Donoghue T., Rabin M. Self Awareness and Self Control. Time and Decision: Economic and Psychological Perspectives on Intertemporal Choice. Russell Sage Foundation. 2003. pp. 217–243.

40. O'Donoghue T., Rabin M. Doing It Now or Later. *American Economic Review*. 1999. № 89(1). pp. 103–124.
41. O'Donoghue T., Rabin M. Incentives for Procrastinators. *Quarterly Journal of Economics*. 1999. № 114. pp. 769–816.
42. Pender J. Discount Rates and Credit Markets: Theory and Evidence from Rural India. *Journal of Development Economics*. 1996. № 50(2). pp. 257–296.
43. Phelps E., Pollak R. On Second-Best National Saving and Game-Equilibrium Growth. *Review of Economic Studies*. 1968. № 35(2). pp. 185–199.
44. Resnick P. Reputation Systems. *Communications of the ACM*. 2000. № 12. pp. 45–48.
45. Samuelson P. A Note on the Measurement of Utility. *Review of Economic Studies*. 1937. № 4. pp. 155–161.
46. Shaked A. Relaxing Price Competition Through Product Differentiation. *Review of Economic Studies*. 1982. № 1. pp. 3–13.
47. Spence M., Hayes S., Marks D. Competitive Structure in Investment Banking. Harvard University Press. 1983. № 1. pp. 66–82.
48. Sports cars. *Autoria* : вебсайт. URL: <https://auto.ria.com> (дата звернення: 30.01.2020).
49. Sports cars. *Mobilede* : вебсайт. URL: <https://promo.mobile.de/sites/preisbewertung/?lang=en> (дата звернення: 30.01.2020).
50. Sports cars. *Autocar* : вебсайт. URL: <https://www.autocar.co.uk/car-news/best-cars/top-10-best-sports-cars> (дата звернення: 30.01.2020).
51. Sports cars. *Kbb* : вебсайт. URL: <https://ë.kbb.com/new-cars/best-resale-value-awards/best-brand> (дата звернення: 30.01.2020).
52. Stevens S. The Psychophysics of Sensory Function. MIT Press, Boston, 1961. 469 P.

53. Thaler R. Toward a Positive Theory of Consumer Choice. *Journal of Economic Behavior and Organization*. 1980. № 1. pp. 39–60.
54. Thaler R. Some Empirical Evidence on Dynamic Inconsistency. *Economic Letters*. 1981. № 8 pp. 201–207.
55. Thaler R. Anomalies: Saving, Fungibility, and Mental Accounts. *Journal of Economic Perspectives*. 1990. № 4. pp. 193–205.
56. Thaler R. Toward a Positive Theory of Consumer Choice. *Journal of Economic Behavior and Organization*. 1980. № 1 pp. 39–60.
57. Tomyuk O. Analysis of methods of determination of product competitiveness of automotive enterprises. *Scientific Bulletin of Kherson State University*. 2015. № 10(4) pp. 35–48.
58. Tovar P. The Effects of Loss Aversion on Trade Policy and the Anti-Trade Bias Puzzle. Working Paper, Economics Department, University of Maryland. 2004. pp. 107–133.
59. Tversky A., Kahneman D. The Framing of Decisions and the Psychology of Choice. *Science*. 1981. № 211. pp. 453–458.
60. Tversky A., Kahneman D. Loss Aversion in Riskless Choice: A Reference-Dependent Model. *Quarterly Journal of Economics*. 1991. № 106. pp. 1039–1061.
61. Tversky A., Simonson I. Context-Dependent Preferences: The Relative Advantage Model. *Management science*. 1993. № 39. pp. 1179–1189.
62. Tversky A., Kahneman D. Advances in Prospect Theory: Cumulative Representation of Uncertainty. *Journal of Risk and Uncertainty*. 1992. № 5. pp. 297–323.
63. Vashenko T. V. Behavioral Finance a new direction of financial management. History and development. *Fin. management*. 2006. № 1. pp. 89–98.
64. Weber T.A. Collaborative Housing and the Intermediation of Moral Hazard. *Proceedings of the 47th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS) IEEE Computer Society Washington DC*. 2014. pp. 4133–4141.

65. Акерлоф А., Шиллер Р. *Spiritus Animalis*, або Як людська психологія керує економікою і чому це важливо для глобального капіталізму : пер. з англ. ТОВ «Юнайтед Прес», 2010. 272 с.
66. Аксьонова О. А. Проблеми та пріоритетні напрямки при створенні корпоративної системи навчання персоналу організації. СПб : Політехнічний державний університет, факультет управління та інформаційних технологій, 2005. 215 с.
67. Алле М. Умови ефективності в економіці. М. : 1998. 175 с.
68. Аріелі Д. Передбачувана ірраціональність. Приховані сили, що визначають наші рішення : Сер. «Книги Стокгольмської школи економіки». М. : Манн, Іванов і Фербер, 2010. 400 с.
69. Ващенко Т. В., Лісіцина Є. В. Поведінкові фінанси – новий напрямок фінансового менеджменту. Історія виникнення і розвитку. Фінансовий менеджмент. 2004. № 1. С. 89–98.
70. Ващенко В. І. Формування моральної поведінки як напрям віктимологічної профілактики. *Соціальна психологія* : Спец. вип. К., 2007. С. 155–163.
71. Вебер М. «Об'єктивність» пізнання в області соціальних наук і соціальної політики. *Культурологія-XX ст*: Антологія. М., 1995. С. 557–603.
72. Веблен Т. Теорія дозвільного класу. М., 1984. 368 с.
73. Вендров А. М. Проектування програмного забезпечення економічних інформаційних систем: Підручник. М. : Фінанси і статистика, 2006. 544 с.
74. Захаров А. В. Теорія ігор у громадських науках: підручник для вузів. М. : вид. будинок Вищої школи економіки, 2015. 304 с.
75. Закон України «Про внесення зміни до підрозділу 5 розділу XX "Перехідні положення" Податкового кодексу України щодо стимулювання розвитку ринку вживаних транспортних засобів за станом на 28 серп. 2020 р. / *Відомості Верховної Ради*. 2016. № 31. 544 с.
76. Канеман Д. Карти обмеженої раціональності: психологія для поведінкової економіки. *The American Economic Review*. 2003. С. 5–28.

77. Канеман Д., Тверські А. Раціональний вибір, цінності та фрейми. *American Psychologist*. 1984. № 4. С. 341–350.
78. Карпова Г. А. Економіка сучасного туризму. СПб. : Торговий дім Герда, 2002. 120 с.
79. Льюїс Р. Д. Ділові культури в світовому бізнесі : пер. з англ. М., Справа, 2001. 448. С.
80. Мажара Г.А., Дрозд А. Limitation of stock price valuation by classical methods: critics of their reliability and influence of behavioral finance. *Економічний вісник КПП*. 2018. № 1. С. 526–536.
81. Мажара Г. А. Moral hazard in market transactions and options for mitigation and limitation. Збірник наукових праць молодих вчених факультету менеджменту та маркетингу КПП ім. І. Сікорського «Актуальні проблеми економіки та управління». 2018. № 12. С. 1–7.
82. Мажара Г. А., Капустян В. О. Поведінкова складова у класичних підходах в ігрових задачах. *Академічний огляд*. 2018. № 1. С. 33–39.
83. Мажара Г. А., Капустян В. О. Вплив смаків і пріоритетів купівлі на вибір споживача на прикладі задачі динамічного моделювання. *Економічний журнал Одеського політехнічного університету*. 2019. № 3(9). С. 45–50.
84. Мажара Г.А., Капустян В. О. Гіперболізоване дисконтування на прикладах поведінки економічних агентів з різними когнітивними функціями. *Електронне наукове фахове видання з економічних наук «Modern Economics»*. 2019. № 17. С. 133–138.
85. Мажара Г. А., Капустян В. О. Ірраціональні стратегії в умовах часткової інформованості гравців на прикладі індивідуально-оптимальних рівноваг. *Академічний огляд*. 2019. № 2(51). С. 61–68.
86. Мажара Г. А. Управління діяльністю кадрової підсистеми туристичної агенції за допомогою когнітивного моделювання. *Економічний вісник КПП*. 2019. № 16. С. 443–451.

- 87.Мажара Г. А., Капустян В. О. Behavioral components in relationships of economic agents in the automobile market. Eureka: social and humanities. 2020. № 2. С. 8–14.
- 88.Мажара Г. А., Лінійна модель споживчих переваг: Брендіві переваги. *XI Науково-практична конференція Моделювання та прогнозування економічних процесів*: Матеріали XI Науково-практичної конференції, м. Київ, 6-7 грудня 2017 р. Київ 2017. С. 55–56.
- 89.Мажара Г. А. Keynes's beauty-contest as a method to analyze the market thinking. *XI Науково-практична конференція Моделювання та прогнозування економічних процесів*: Матеріали XII Всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Київ, 25-27 квітня 2018 р. Київ 2018. С. 71.
- 90.Мажара Г. А. Теорія розбірливої нареченої і її адаптація до реального життя. *XVIII Науково-практична конференція Науково-технічний розвиток: економіка, технології, управління*: Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 26 березня 2019 р. Київ 2019. С. 122–123.
- 91.Мажара Г. А. Гіперболізовані заощадження та приклади поведінки людей. *XVIII Науково-практична конференція Моделювання та прогнозування економічних процесів*: Матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Київ, 24-26 квітня 2019 р. Київ 2019. С. 42–43.
- 92.Мажара Г. А. Ірраціоналізація підходу до сталого розвитку. *XVI Міжнародна науково-практична конференція «Міжнародне науково-технічне співробітництво: принципи, механізми, ефективність»*: зб. наук. пр., м. Київ, 12-13 березня 2020 р. Київ 2020. С. 27–28.
- 93.Мажара Г. А. Інфлюенс, як ірраціональний економічний процес вибору на ринку. *XIV Всеукраїнська науково-практична конференція «Моделювання та прогнозування економічних процесів»*: Матеріали XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Київ, 22 травня 2020 р. Київ 2020. С. 21–22.

- 94.Макара О. В. Соціально орієнтована національна економіка: теоретико-методологічні засади та механізми інституційного забезпечення: монографія. Луцьк: 2012. 416 с.
- 95.Мащенко С. О. Дослідження стабільності рівноваги на основі принципу індивідуальної оптимальності. Кібернетика і системний аналіз. 2007. № 4. С. 162–169.
- 96.Мащенко С. О. Пошук індивідуально-оптимальних рівноваг в умовах часткової інформованості гравців. Supplement to International Journal "Information Technologies and Knowledge". 2009. № 3. С. 180–188.
- 97.Мулен Е. Теорія ігор з прикладами з математичної економіки. М : Світ, 1985. 200 с.
- 98.Нейман Дж., Моргенштерн О. Теорія ігор і економічна поведінка. 1970. 708 с.
- 99.Нурієв Р. М. Соціальне ринкове господарство: концепція, практичний досвід і перспективи застосування в Росії. М .: Изд. будинок ГУ-ВШЕ, 2007. 325 с.
100. Саймон Г. Про застосування теорії систем, що стежать для вивчення процесів регулювання виробництва. Процеси регулювання в моделях економічних систем. М .: Видавництво іноземної літератури, 1961. 534 с.
101. Саймон Г. Раціональність як процес і продукт мислення. THESIS. 1993. С. 16–38.
102. Саймон Г. А. Теорія прийняття рішень в економічній науці та науці про поведінку. Віхи економічної думки. Т.2. СПб. : Економічна школа. 1999. С. 54–72.
103. Сміт А. Дослідження про природу і причини багатства народів. М. 1962. 570 с.
104. Сміт А. Теорія моральних почуттів. М. : Республіка, 1997. 351 с.
105. Сміт В. Експериментальна економіка. М. 2008. 808 с.

106. Федерація роботодавців автомобільної галузі. *Fra*: Вебсайт. URL: <https://fra.org.ua/uk/pc/priess-tsientr/ofitsial-nyie-soobshchieniia/vpliv-zakonu-3251-na-avtorinok-popieriednii-oghliad> (дата звернення 30.03.2020).
107. Федерація роботодавців автомобільної галузі *Fra*: Вебсайт. URL: <https://fra.org.ua/uk/an/publikatsii/novosti/iak-zminit-sia-ukrayins-kii-avtorinok-pislia-znizhiennia-aktsiziv-na-b-u-avtomobili> (дата звернення 30.03.2020).
108. Шірінян Л. В., Шірінян А. С. Мікрострахування в Україні: бути чи не бути? : монографія. Черкаси : Чабаненко Ю. А., 2012. 208 с.
109. Шірінян Л. В., Шірінян А. С. Precondition on microinsurance in Ukraine: contingent valuation approach for poor population behaviour regarding insurance services. *Journal of Eastern European and Central Asian Research*. 2019. № 2. С. 24–35.