

DOI: 10.15276/EJ.04.2022.3

DOI: 10.5281/zenodo.7879423

UDC: 658.012.2

JEL: C63, D91, M31

ІМІТАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ

SIMULATION TECHNOLOGIES OF EXPERIMENTAL ECONOMICS

Zoia M. Sokolovska, DEcon, Professor
Odessa Polytechnic National University, Odessa, Ukraine
ORCID: 0000-0001-5595-7692
Email: nadin_zs@te.net.ua

Received 01.12.2022

Сokolovska Z.M. Імітаційні технології експериментальної економіки. Науково-методична стаття.

У статті представлені імітаційні технології, як інструментальна база досліджень з експериментальної економіки. Розглянуто основні цілі та задачі сучасної експериментальної економіки. Акцентується увага на дослідженні ринків та ринкових структур, як одному з актуальних напрямків проведення експериментів. Наведено узагальнений огляд класичних імітаційних моделей ринку. Представлено модель конкурентного ринку на прикладі двох продуктового варіанту, розроблену з використанням системно-динамічної та агентної парадигм імітації на програмній платформі системи AnyLogic. На базі моделі проводилося дослідження поведінки користувачів на ринку електротехнічної продукції побутового призначення. Отримані результати ілюструються фрагментами модельних імітаційних експериментів.

Ключові слова: експериментальна економіка, імітаційні моделі, модель ринку, системна динаміка, агентний підхід, імітаційний експеримент

Sokolovska Z.M. Simulation Technologies of Experimental Economics. Scientific and methodical article.

The article presents simulation technologies as an instrumental base for research in experimental economics. The main goals and objectives of modern experimental economics are considered. Attention focused on the study of markets and market structures, as one of the relevant areas of experimentation. A generalized overview of classic simulation models of the market is given. A competitive market model presented on the example of two product variants developed using system-dynamic and agent simulation paradigms on the AnyLogic system software platform. On the basis of the model, a study of user behavior in the market of household electrical products was conducted. The obtained results are illustrated by fragments of model simulation experiments.

Keywords: experimental economics, simulation model, market model, system dynamics, agent approach, simulation experiment

Сучасний етап розвитку фундаментальних та прикладних наукових досліджень супроводжується появою нових напрямків, що ґрунтуються на знаннях з кількох суміжних областей знань.

На стику економічних, маркетингових і психологічних досліджень з'явився новий різновид економіки – поведінкова економіка. Розвиток процесів комп'ютеризації та інформатизації призвів до об'єднання економічної теорії з дослідженнями в галузі комп'ютерних наук. Удосконалення інструментальної бази стало поштовхом до виникнення експериментального напрямку, тісно пов'язаного не тільки з раціональною (у традиційному сенсі), але і з поведінковою економікою.

Сучасній економіці притаманні значні структурні зрушення; підвищена ентропія середовища розгортання процесів; значні ризики в діяльності складних економічних систем. В цих умовах проведення відповідних досліджень потребує особливо гнучкого математичного апарату, який би враховував стохастичність змін, невизначеність наслідків впливу багатьох факторів різноманітної природи. Традиційні аналітичні та статистичні методи моделювання не відповідають цим вимогам.

Відповідно до цього в останні десятиліття спостерігається стрімкий розвиток такого напрямку математичного моделювання, як імітаційне. Саме імітаційне моделювання стало базовим для становлення експериментальної економіки. Проникненню експериментальних методів в науку та практику сприяє підвищення гнучкості та складності експериментальних платформ. Прикладні експериментальні технології надають можливість перевірити теоретичні гіпотези на практиці, знайти відхилення від реальної динаміки розвитку систем/процесів. Можливість проведення експериментів не на реальній системі, а на її моделі стає все більш привабливим підходом; породжує нові гіпотези та модельні конструкції, більш відповідні актуальним економічним реаліям.

Спектр галузей, функціонування яких можна вивчати за допомогою економічних експериментів, практично необмежений. На будь-якому рівні управлінської ієрархії можна протестувати поведінку суб'єктів господарювання в конкретних економічних ситуаціях з метою визначення впливів деяких подій. Це підтверджує не тільки суто теоретичний, але і прикладний характер експериментальних досліджень.

Водночас, постановка експериментів – дуже складний процес як з точки зору відтворення економічної сутності реальних завдань, так і з точки зору коректного використання математичного апарату. Стосовно останнього, слід окремо підкреслити, що розробка імітаційних моделей, адекватних

реальним системам, що моделюються, з'являється до сих пір складним процесом. Перед розробником стоїть подвійне завдання – побудувати модель, яка б відповідала цілям економічного експерименту, та розробити комплекс планів імітаційних експериментів, які б доводили відповідність модельних конструкцій загальній меті дослідження.

Економічні експерименти на модельних платформах мають сенс, коли моделі відтворюють основні процеси/показники/зв'язки, що притаманні реаліям та відповідають поточним цілям, встановленим експериментаторами. Досягнення необхідних результатів також залежить від гнучкості та досконалості імітаційних технологій, що застосовуються впродовж постановки та реалізації економічних експериментів.

Таким чином, у експериментальній економіці є дві рушійні сили – актуальне економічне підґрунтя (досконала економічна постановка) та гнучкий математичний апарат дослідження (інструментальна база реалізації поставлених економічних завдань).

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Проблемам експериментальної/поведінкової економіки та її базовому математичному апарату – імітаційному моделюванню – на сьогодні присвячене певне коло теоретичних та прикладних досліджень.

Засновником експериментальної економіки вважається Вернон Сміт [1-2].

Присуджуючи премію В. Сміту (2002 рік), Нобелівський комітет відзначив перспективність лабораторного тестування альтернативних ринкових схем та механізмів до їх втілення в реальній економіці. Зокрема, експерименти допомагають оцінити ефективність приватизації держмонополій і дерегулювання таких галузей, як електроенергетика. Значну кількість результатів лабораторних експериментів В. Сміт застосовував в реальній практиці, зокрема, консультуючи уряд Австралії і Нової Зеландії при проведенні ліберальної реформи ринку електроенергії.

Крім іншого, вчений експериментально оцінював ефективність різних методів планування графіка роботи аеропортів. А пізні дослідження В. Сміта показали, що ринкові механізми вельми далекі від ефективності. В ході імітаційних експериментів, проведених наприкінці 1980-х, модель фондового ринку поперемінно опинялася в стані то буму, то падіння, часто незалежно від реальної цінності паперів, що торгуються.

Тобто у своїх лабораторних дослідженнях Сміт ще тоді зміг пояснити те, що сталося з ринками розвинених країнах зовсім недавно: раціональність далеко не єдиний мотив, рушійний інвесторами.

Становлення поведінкової економіки тісно пов'язано з працями А. Тверски, Д. Канемана [3], К. Камерера [4], Р. Талера [5]. Так, у працях Д. Канемана й А. Тверски визначається, що в реальності люди важко приймають рішення, де необхідною складовою є логічний аналіз, але вони достатньо успішні у швидкому розпізнаванні шаблонів/зразків поведінки або ситуацій. Також людині легко вдається інтерпретація інформації на основі власного суб'єктивного досвіду, де вона керується інтуїтивними рішеннями, хоча, можливо, і помилковими.

На думку фахівців [6-8] саме висновки наведених досліджень найбільш обґрунтовано знешкоджують традиційний тезис, що люди, як економічні агенти, як роботи, прагнуть максимізувати корисність в ході прийняття рішень.

Аналіз основних публікацій науковців та практиків, які проводять дослідження в галузі експериментальної та поведінкової економіки, дозволяє зробити висновок, що на даному етапі розвитку економічної думки не має чіткого розмежування між цими двома напрямками [9-13]. Дійсно, є достатня кількість проблем та конкретних задач, які в рівній мірі фахівці відносять як до юрисдикції експериментальної, так і до юрисдикції поведінкової економіки. Поряд з абсолютними апологетами існують і «стримані вчені», які вважають недоцільним повністю відмовлятися від раціоналістичних канонів економіки – наприклад Г. Райлі [14] та Дж. Броугель [15]. Водночас ігнорувати наявність двох сучасних напрямків економіки вже неможливо.

Експериментальна економіка стрімко розвивається, особливо на заході. На відомому ресурсі [16] регулярно можна зустріти анотовану інформацію стосовно польових експериментів, що проведені в різних галузях на актуальній інформації.

У вітчизняній практиці експериментальна економіка ще не знайшла належного розповсюдження, хоча є реальні прецеденти її вдалого застосування. В якості позитивного прикладу можна навести результати досліджень, представлені в роботах [17-18]. База експериментальних даних сформована з чотирьох проведених експериментів «Суспільне благо» або "Public-good Game". Дослідження були націлені на визначення ступеня готовності українців до співробітництва, а також перевірки гіпотез довіри та реципрокності. В експериментах брали участь представники широких верств населення – від студентів до банкірів, інвесторів, підприємців, управлінців. Аналіз отриманих результатів довів їх адекватність висновкам, отриманим західними дослідниками. Позитивне середовище визначало позитивну реципрокність, готовність до співробітництва та більшу довіру. Низькі вклади завжди каралися штрафами. Жорстка альтруїстична або фрирайдерська позиція могла повністю змінити тенденцію в групі. Зокрема, для моделювання поведінки в експериментах використовувався нейромережевий підхід.

Експерименти з оцінки впливу нерівності доходів на економічне зростання та стійкий розвиток суб'єктів відображені в роботі [19].

Прикладом використання системно-динамічної парадигми імітаційного моделювання в процесі експериментів щодо податкової поведінки з урахуванням розподілу доходів виступають дослідження, представлені в роботі [20].

Інтенсивний розвиток імітаційного моделювання, особливо його нової парадигми – агентного моделювання – та багатопідходних комбінацій з різних парадигм прийшовся на останні десятиліття [21-23]. Це, в свою чергу, сприяло розвитку економічних експериментів.

Одним з напрямків досліджень був аналіз поведінки споживачів продукції/послуг на відповідних ринках. Так, в роботі [23] наведені результати досліджень, здійснені на замовлення крупної телекомунікаційної компанії. Компанія – один зі значних гравців на ринку широкосмугового Інтернету. Метою подальшого розвитку її бізнесу було збільшення ринкової долі та протистояння конкурентам на ринку Інтернет-послуг. Згідно з поставленою ціллю «програвалися» різні варіанти розвитку компанії на перспективу.

Базова модель поведінки користувачів була вивчена на основі двох детальних маркетингових опитувань більш двохсот респондентів, а потім модифікована в ході кількох стратегічних експертних сесій з участю ключових маркетологів та представників топ-менеджменту компанії.

Результати проведених досліджень дали змогу визначити головні фактори, що лежать в основі вибору користувачами провайдера широкосмугового Інтернету.

Дослідники у [23] наводять результати експериментів стосовно моделювання різноманітних сценаріїв конкурентної боротьби. Відтворюючи в моделі структуру собівартості, демонструється можливість тестування потенційних конкурентів досліджуваної компанії на межі конкурентоспроможності та на їх спроможність утримання відповідної долі ринку. Завдяки наведеному менеджери компанії визначають ефективну стратегію конкуренції та корегують її згідно діям конкурентів.

Зокрема, саме ринки та ринкові структури є одним з актуальних напрямків експериментальних досліджень, що породжує безліч нових задач. Саме тому, не зважаючи на існуючі результати, прикладні дослідження в цій сфері є завжди необхідними та своєчасними.

Метою статті є узагальнення матеріалу стосовно класичних імітаційних моделей ринку та представлення експериментальних досліджень на моделі конкурентного ринку електротехнічної продукції.

Виклад основного матеріалу дослідження

В широкому колі моделей вивчення тенденцій ринкових процесів, зокрема, спрямованих на дослідження поведінки споживачів, існує певна кількість класичних моделей, побудованих з використанням імітаційних технологій. До одних з найбільш розповсюджених належить базова модель Баса та її численні модифікації.

Моделі добре описані в ряді літературних джерел [21, 24, 25]. Тому не зупиняючись на докладному їх розгляді, підкреслимо лише найбільш важливі концепції побудови та використання.

Моделі створені за допомогою різних імітаційних парадигм. Так, базова модель Баса відтворена за допомогою системної динаміки та розглядає процеси у найбільш агрегованому вигляді. Рух конкретних споживачів товарів/послуг/інновацій на ринку теж розглядається дуже узагальнено за допомогою завдання жорстких алгоритмів.

У моделі здійснюється імітація ринкового попиту за рахунок відтворення елементів поведінки споживачів в процесі отримання знань стосовно конкретних товарів/послуг/інновацій та здійснення реальних покупок.

Алгоритм базується на припущенні, що спочатку розповсюджуваний продукт нікому не відомий і щоб його почали придбати треба здійснити рекламні заходи. Частка людей робить покупки під впливом реклами, а частка – в результаті спілкування з наявними споживачами продукції.

В ході проведення експериментів на моделі досліджується динаміка потенційних та фактичних споживачів продукту; динаміка інтенсивності продажів; динаміка потоку припинення використання продукту та ін.

На базі представленої моделі можливо проведення і оптимізаційних експериментів. Наприклад, визначається оптимальна ринкова стратегія для досягнення необхідного числа споживачів к визначеному моменту часу при мінімальних витратах на рекламу.

В якості резюме треба підкреслити, що системно-динамічний варіант моделі Баса надає уяву про споживчий попит на товари/послуги, але з високим ступенем агрегації, що притаманно методології системної динаміки. На базі системно-динамічної моделі неможливо відтворення та дослідження «виникаючої» поведінки споживачів, що є найбільш наближеним до реальних ситуацій. Таку поведінку та динамічне формування попиту можна імітувати тільки з використанням агентного підходу.

В агентній версії моделі розповсюдження продукту/послуги за Басом головним елементом є агент, тобто споживач продукту. Агент, як деяка сутність, є активним елементом; має автономну поведінку, а головне – може приймати власні рішення згідно з заданим алгоритмом. Крім того, він може взаємодіяти з оточенням та іншими агентами, а також змінюватися (еволюціонувати).

Мета агентної моделі за Басом – скласти уявлення про загальні тенденції формування ринкового попиту на базі відтворення загальної поведінки системи (ринкове розповсюдження

товарів/послуг/інновацій). Останнє досягається шляхом дослідження поведінки окремих активних об'єктів (споживачів-агентів) й взаємодії цих об'єктів в системі.

Таким чином, для врахування більш гнучкої концепції поведінки споживачів товарного ринку може бути використана агентна методологія.

Існують і інші модифікації моделі Баса, основані на залученні комбінації різних парадигм імітаційного моделювання – наприклад, симбіоз дискретно-подієвої та системно-динамічної концепцій.

Однак, всі наведені моделі стосуються відтворення тенденцій моно-ринку, що, безумовно, відбивається на процесах поведінки споживачів (йдеться про споживання моно-продукту).

Розглянемо модель-модифікацію класичної моделі Басу. На відміну від моделювання поведінки споживачів та ринкового попиту в умовах моно-продуктового ринку реалізуємо процеси продажів продуктів/послуг на багато продуктовому ринку.

Для простоти розглянемо двох продуктову модель – умовно конкуруючі продукти А та В.

Постановка задачі є наступною:

- Розглядаються два альтернативні продукти/послуги, які виробляються різними підприємствами (компаніями, фірмами). Продукти/послуги є еквівалентними, тобто один продукт можна замінити на інший. Ціни на продукт у обох постачальників однакові і тому цінова політика фірм не має значення для користувачів – покупців продуктів.
- Споживачі (далі умовно їх початкова чисельність, тобто початкова популяція агентів, дорівнює 1000 осіб) спочатку не використовують представлені продукти/послуги, але усі вони розглядаються як потенційні споживачі.
- Споживачі чутливі до реклами «з уст в уста», тобто до вербальної інформації.
- Обидві фірми рекламують досліджувану продукцію. Рекламна підтримка формує попит на продукцію/послуги (задається коефіцієнт ефективності впливу реклами на дії споживачів).
- Споживачі спілкуються один з одним. У процесі цих контактів фактичні споживачі продуктів впливають на потенційних користувачів.
- Будь-яка покупка може бути скасована протягом часу, який визначається випадковою змінною із заданим законом розподілу. Якщо покупку скасовано, треба негайно провести заміну на покупку цього ж або іншого бренду.
- Якщо споживач хоче придбати продукт А, але це неможливо впродовж заданого часу (не має продукту на складі), він готовий на будь-яку покупку (будь-який продукт), який є на ринку у продажі.

Кожна компанія має свій власний ланцюжок поставок, що забезпечує постачання продуктів до кінцевих споживачів. Ланцюжки постачання є достатньо простими і працюють за наступним алгоритмом:

- Продукт може бути придбано споживачем тільки через мережу роздрібної торгівлі. Початковий обсяг роздрібного продажу (початкова ємкість мережі роздрібної торгівлі) задається.
- Продукт виробляється компанією-виробником. Виробник визначає обсяг випуску продукції на добу. Однак, цей обсяг може бути скориговано згідно ринкового попиту (відомого виробникові).
- Виготовлена продукція постачається у роздрібну мережу протягом заданого часу.

Споживчий ринок моделюється на базі агентного підходу: споживач інтерпретується як агент.

Ланцюжки постачання обох продуктів – А й В моделюються за допомогою елементів системної динаміки. Модель реалізована на програмній платформі системи багатопідходного імітаційного моделювання AnyLogic [25].

Фрагменти структури моделі наведено на рис. 1-2. Докладно модель описана в [24].

Основними структурними елементами є наступні:

- Фонди: FactoryStockA, FactoryStockB (результати виробництва – запаси на складах виробників продуктів А та В); RetailerStockA, RetailerStockB (запаси товарів А та В в мережі роздрібної торгівлі).
- Потоки: ProductionA, ProductionB (процеси виробництва продуктів А та В); DeliveryA, DeliveryB (доставка продуктів А та В у роздрібну мережу).
- Параметри: ForecastA, ForecastB (прогнози коефіцієнти для коректування попиту на продукти А та В). Мається на увазі, що не завжди наявні виробничі потужності відповідного підприємства можуть задовольнити ринковий попит на конкретні вироби. Варіація значень наведених коефіцієнтів допомагає відобразити реальне виробниче становище. Коефіцієнти використовуються в процесі імітації обсягів виробництва товарів А й В, відповідно.
- Динамічні змінні, значення яких формуються протягом імітаційних експериментів: NWantA (ринковий попит на продукт А); NWantB (ринковий попит на продукт В); NWantAny (замовлення споживачів на будь-який продукт, який є у наявності).

Поведінка агента визначається за допомогою діаграми станів (стейтчарту) – рис. 2.

З діаграми видно, що агент-споживач може знаходитися у декількох станах.

Перший стан – PotentialUser (потенційні споживачі).

Далі агент може переходити в один із двох станів – бажаючих споживати продукт А (WantA) або В (WantB). Перехід здійснюється внаслідок впливу реклами відповідного продукту – AdA й AdB.

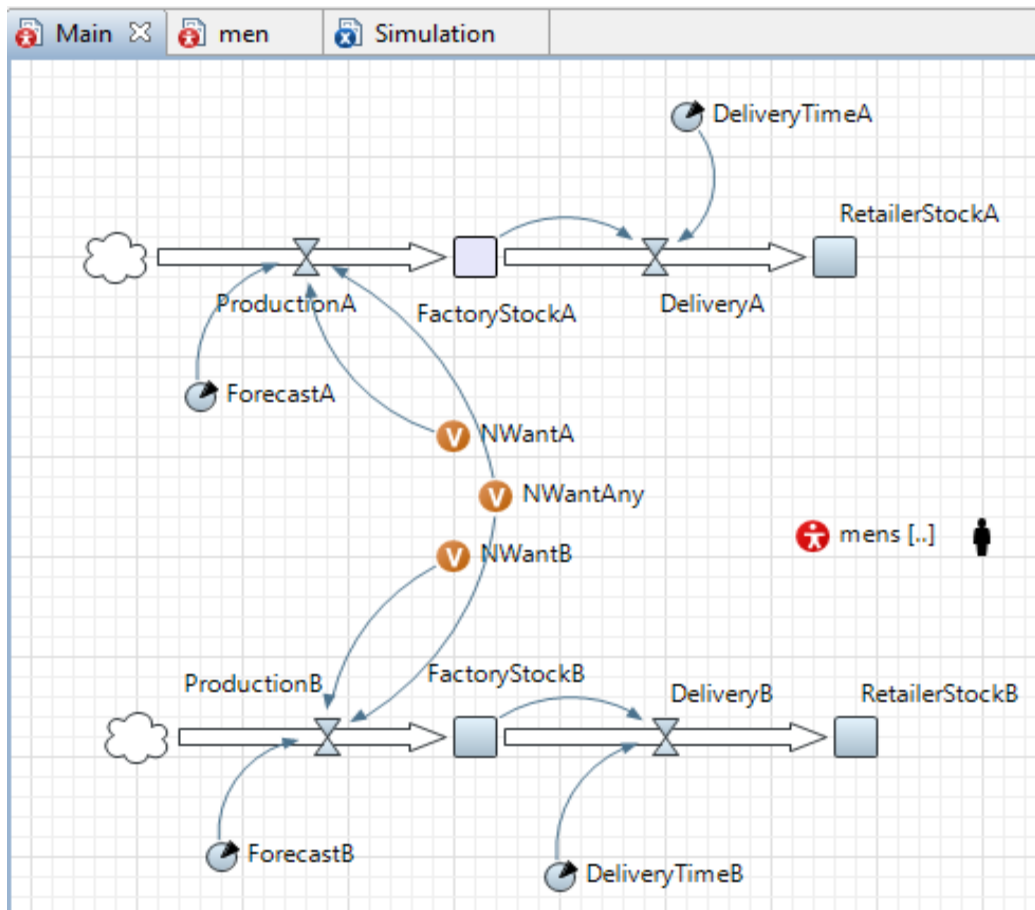


Рисунок 1. Фрагмент структури моделі конкурентного ринку
 Джерело: складено автором за матеріалами [24]

Окрім впливу реклами перехід у стани WantA або WantB може також здійснюватися завдяки спілкуванню споживачів, тобто при отриманні відповідних повідомлень.

Зі станів WantA або WantB агенти переходять до станів фактичних споживачів продуктів – UsesA або UsesB. Це здійснюється завдяки переходам BuyA або BuyB (на складах роздрібною мережі повинна бути відповідна продукція).

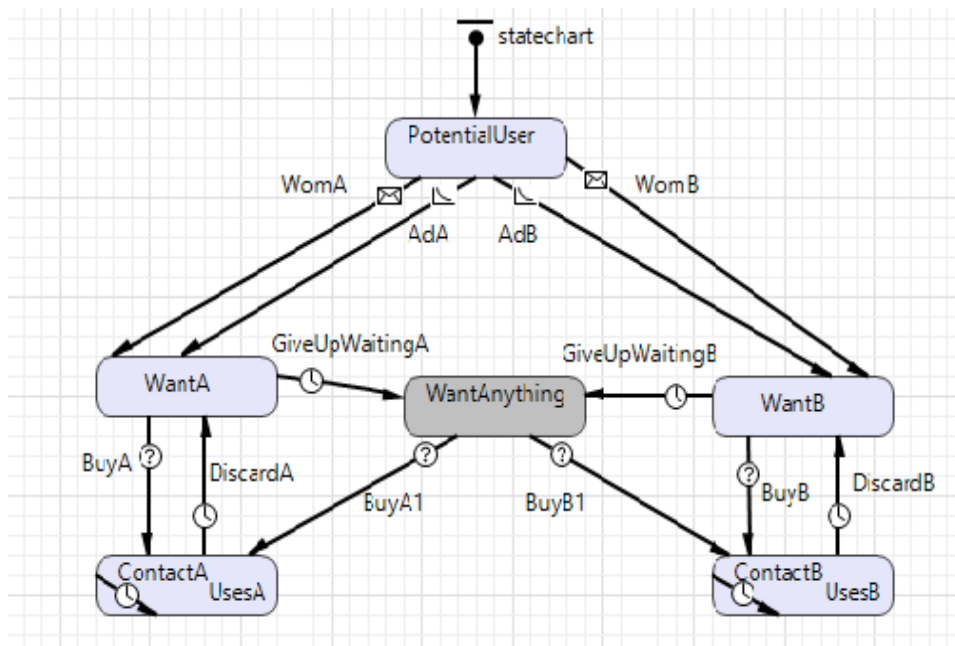


Рисунок 2. Діаграма поведінки (стейтчарт) агентів-споживачів
 Джерело: складено автором за матеріалами [24]

Покупки продуктів А або В можуть бути скасовані – переходи DiscardA, DiscardB (здійснюються випадково за заданим законом розподілу). Контакти між споживачами здійснюються завдяки переходам ContactA й ContactB. Якщо споживач не може здійснити покупку продукту А або В із-за відсутності його на складі, він переходить до стану бажуючих здійснити покупку будь-якого продукту – стан WantAnything. Переходи до стану WantAnything здійснюються по-різному для потенційних споживачів продукту А (перехід GiveUpWaitingA) та потенційних споживачів продукту В (перехід GiveUpWaitingB). Якщо агент-споживач знаходиться у стані бажуючих будь-який продукт (WantAnything), він може перейти як до стану споживачів продукту А (UsesA), так і до стану споживачів продукту В (UsesB) залежно від того, який продукт є на складі.

В моделі визначається також простір руху агентів-споживачів й за допомогою графічних елементів AnyLogic можливо відтворення взаємодії агентів впродовж реалізації імітаційних експериментів.

Дослідження поведінки користувачів з використанням імітаційних технологій було проведено на прикладі ринків електротехнічної продукції. В ході експериментів була використана інформація стосовно електротехнічної продукції побутового призначення (електрообігрівачів) – виробники компанії УДЕН-Україна та «Ерафлайн» [26, 27].

Проведені експерименти довели наступне. Рівень конкуренції на ринку електротехнічної продукції побутового призначення дуже високий. Вироби представляються багатьма вітчизняними й зарубіжними виробниками. Серед представленого номенклатурного ряду – як відомі бренди, так і нові, нерозповсюджені товарні марки. Окрім цього, додатковою проблемою є сезонність у активному споживанні товару (найбільша активність приходиться на холодну пору року).

Однак, не зважаючи на проблеми, для більшості вітчизняних виробників початок виробництва саме цієї продукції є виходом зі скрутного положення внаслідок достатньо високого попиту на неї, нескладності виробництва та можливості забезпечення невисокої собівартості виробу. Перехід на подібні товари народного споживання є на сучасному етапі розвитку вітчизняної економіки частим явищем, наприклад, для машинобудівних підприємств, які зберегли деякі виробничі потужності, але частково або повністю втратили можливість продовжувати профільне виробництво.

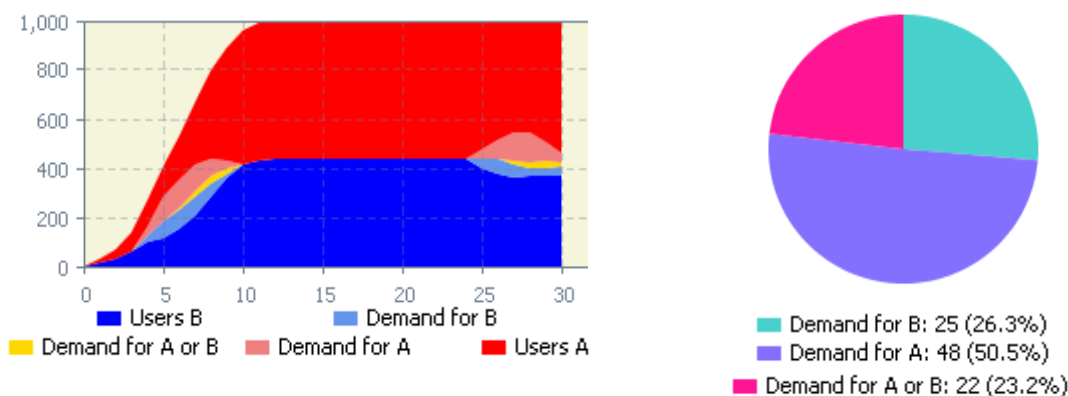
Згідно з тим, що компанія «Ерафлайн» прагнула вийти з досліджуваною продукцією (керамічні нагрівні панелі) за межі ринку свого регіону (Київська область), поставала проблема оцінити можливості розповсюдження продукції на інші регіональні споживчі ринки сусідніх областей – Черкаська, Кіровоградська, Одеська, Житомирська, Хмельницька, Чернівецька.

На всіх регіональних товарних ринках стосовно даного виробу існує велика конкуренція як вітчизняних, так і зарубіжних фірм. Ціна і технічні характеристики обігрівачів різняться, що потребує з боку підприємства поглибленого аналізу ринкових позицій відповідних брендів й розробку необхідних маркетингових стратегій.

Однак, стосовно поставленої більш вузької задачі йдеться про порівняння позицій даного виробу (умовно виріб А) з виробом фірм-конкурентів, який є ідентичним по технічним характеристикам та ціні (умовно виріб В – нагрівальні панелі фірми УДЕН-Україна, розташованої в Кіровоградській області). Для визначення ефективної стратегії просування власного товару компанія «Ерафлайн» повинна була проаналізувати поведінку споживачів й формування ринкового попиту на різних регіональних ринках, а також обрати ринки, найбільш придатні для реалізації товару.

Наведемо деякі фрагменти проведених експериментів (рис. 3). Дані умовні, водночас збережена загальна ринкова тенденція. Часовий період дослідження, термін імітації – 30 днів з кроком в 1 день.

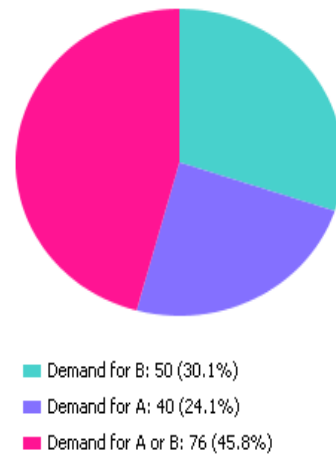
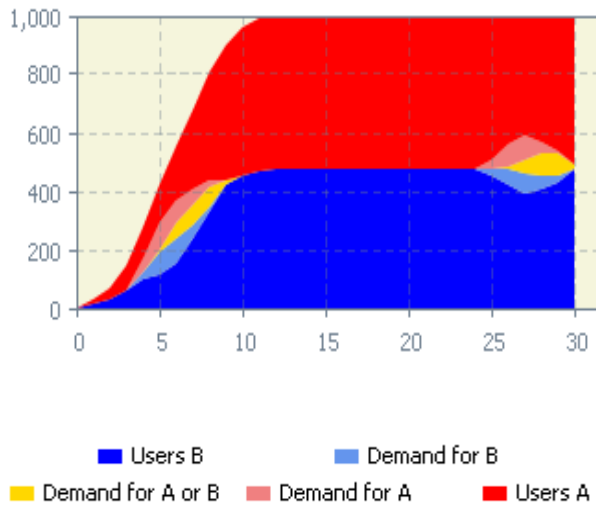
На власному регіональному ринку компанії «Ерафлайн» спостерігається наступна картина – рис. 3. (Експеримент 1): при однаковій інтенсивності спілкування споживачів стосовно товарів А й В та однаковій інтенсивності розповсюдження реклами обома виробниками попит на товар А (Demand for A) значно більший, чим на В (Demand for A) – 50,5% проти 26,3%.



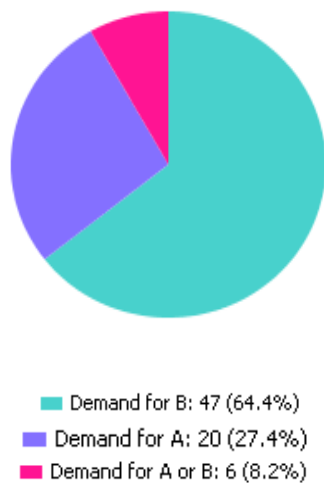
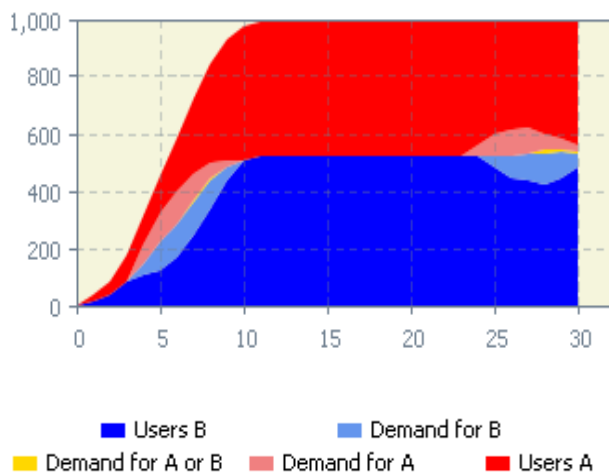
Експеримент 1: Становище компанії «Ерафлайн» на товарному ринку Київської області

Рисунок 3. Фрагменти експериментів на моделі

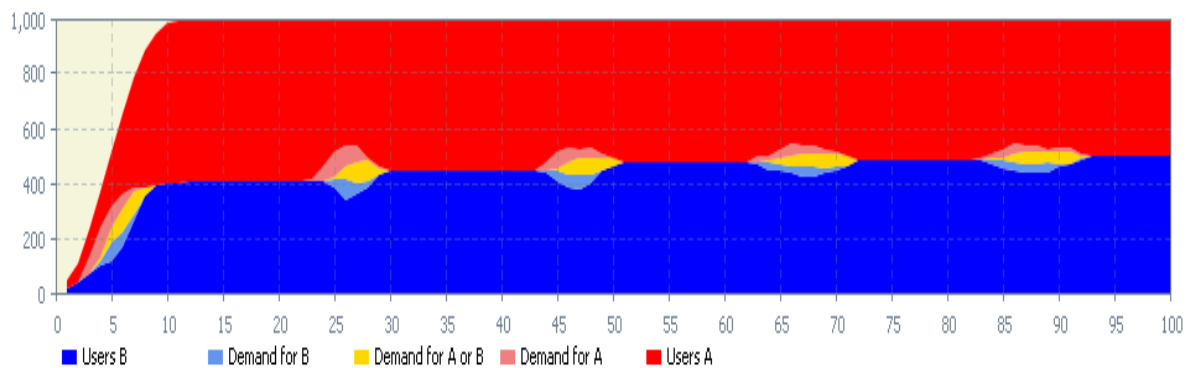
Джерело: власна розробка автора

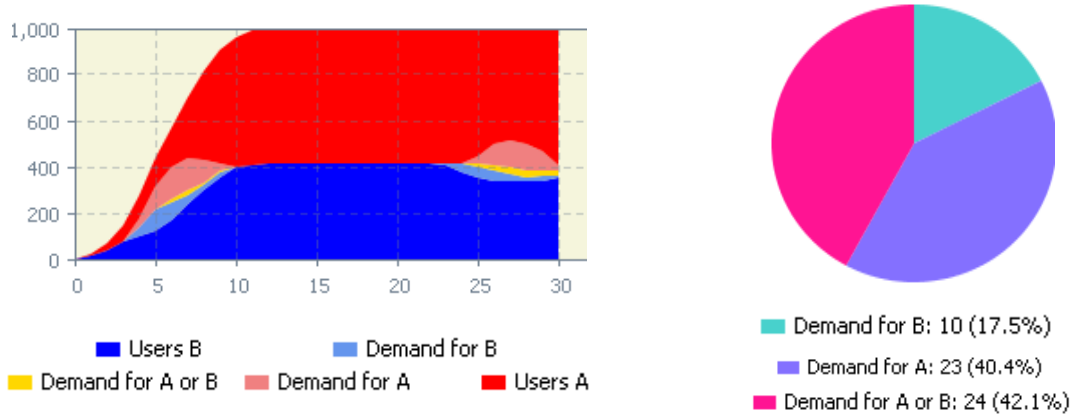


Експеримент 2: Ринок Одеської області



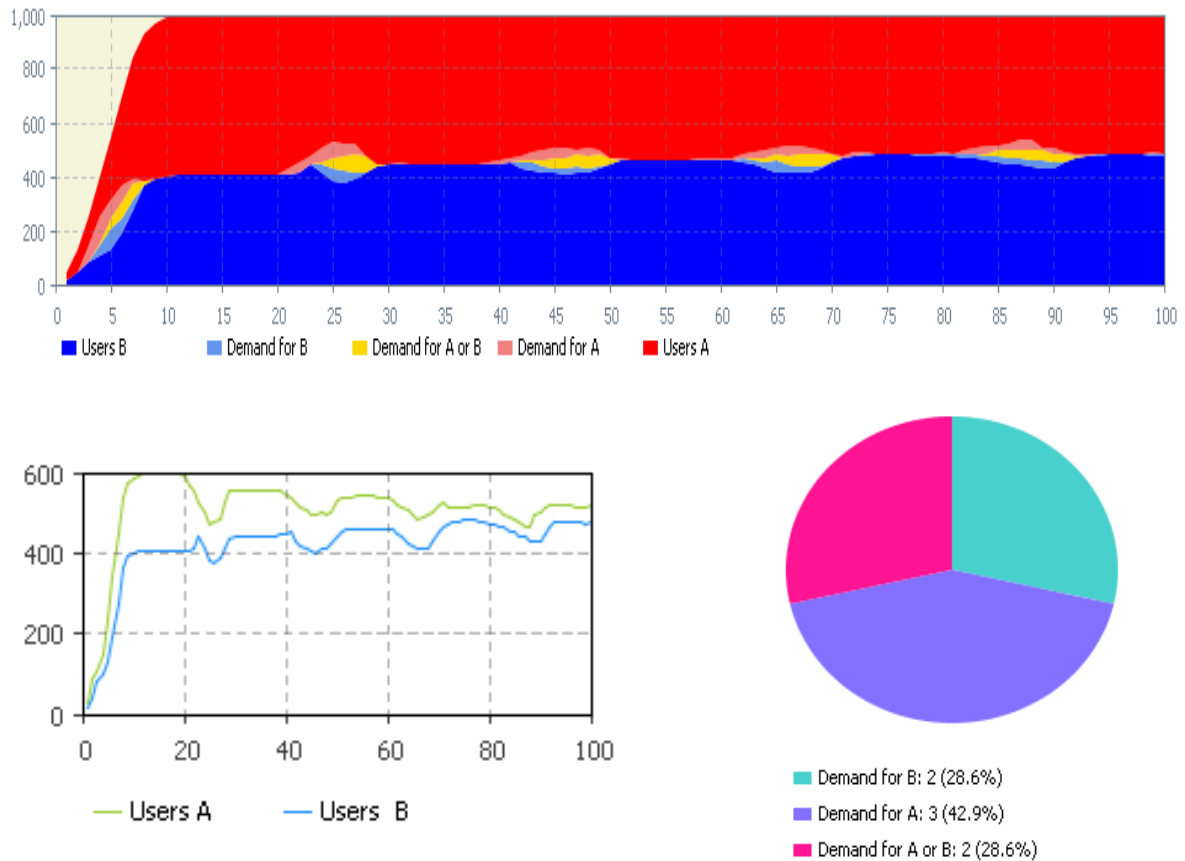
Експеримент 3: Становище компанії «Ерафлайн» на товарному ринку Київської області





Експеримент 4: Ринок Житомирської області

Рисунок 3. Фрагменти експериментів на моделі (продовження)
Джерело: власна розробка автора



Експеримент 5: Ринкова ситуація на ринку Черкаської області після проведення компанією «Ерафлайн» заходів щодо активізації поведінки споживачів

Рисунок 3. Фрагменти експериментів на моделі (продовження)
Джерело: власна розробка автора

Споживачі, які байдужі до бренду (Demand for A or B), складають 23,2%. Тобто за рівними умовами впливу спілкування, реклами; однаковими умовами функціонування роздрібною мережі й логістичних ланцюгів на даному ринку більшим попитом користується місцева марка. Можна зробити висновок, що працює консерватизм споживачів та довіра до місцевого виробника.

При дослідженні Одеського регіонального ринку (експеримент 2) експерименти враховували його велику ємкість, динамічність, а також інтенсивність спілкування споживачів. Конкуренція на цьому ринку традиційно висока, а реклама носить більш поширений та гнучкий характер.

У продукції компанії «Ерафлайн» є певні можливості на Одеському регіональному ринку. Хоча попит на панелі УДЕН-Україна дещо вищий за панелі «Ерафлайн» – 30,1% проти 24,1%, великий сектор займає попит на будь-який виріб (45,8%). Це свідчить про те, що такий насичений аналогічними товарами ринок має значку кількість споживачів, які при відповідній рекламі можуть схилити власні уподобання до конкретного товару, але це потребує значних рекламних зусиль і постійного відстеження динаміки ринку. Водночас, накопичувальні дані за досліджуваний період доводять достатню кількість фактичних користувачів панелей «Ерафлайн» – сектор Users A на часовій діаграмі з накопиченням.

Загальний висновок стосовно даного регіонального ринку – є ґрунтовні причини почати просувати товар на даний ринок в разі здійснення кола стратегічних заходів щодо приваблення користувачів з сектору A or B. Завоювати відповідну ринкову нішу можливо, але це потребуватиме значних зусиль та фінансових вливань на рекламу й інші маркетингові заходи.

Ситуація на Кіровоградському регіональному ринку для підприємства «Ерафлайн» явно програшна (експеримент 3). Фактичних користувачів товару A значно менше, чим товару B.

Водночас попит на товар A складає всього 27,4% проти 64,4% попиту на товар B. Сектор можливих споживачів товарів A or B є дуже незначним – всього 8,2%.

Позиції на Черкаському ринку практично були рівні у обох товарів.

Наступні імітаційні експерименти довели, що найбільш перспективні позиції у компанії «Ерафлайн» на Житомирському регіональному ринку. Ринковий попит на продукцію «Ерафлайн» (товар A) складає 40,4% поряд з 17,5% ринкового попиту на товар B. Окрім цього, є достатньо значний сектор байдужості (A or B) – 42,1%. Накопичувальна чисельність споживачів товару A протягом досліджуваних 30 днів значно перевищує споживання товару B. Більш тривалі дослідження даного ринку – на 100 днів – довели, що визначена тенденція зберігається і надалі.

Таким чином, в результаті прогнозування поведінки споживачів й рівня попиту на різних регіональних ринках були визначені більш привабливі для підприємства ринкові позиції. Подальші дослідження зосереджувалися на можливостях впливу на поведінку споживачів і, внаслідок цього, визначенні додаткових можливостей у освоєнні менш привабливих, чим Житомирський, регіональних ринків. Як було доведено раніше, ситуація на Черкаському ринку є рівноважною для обох товарів, тому якщо будуть проведені відповідні заходи щодо роботи зі споживачами й активізація реклами, можна спрогнозувати деякі позитивні зрушення.

В результаті відповідної параметричної настройки моделі, тобто – імітації збільшення ефекту від спілкування споживачів (збільшення інтенсивності спілкування) завдяки відкриттю власних сторінок компанії «Ерафлайн» в соціальних мережах, проведення Інтернет-конференцій з обговоренням побажань потенційних користувачів та ін., а також імітації збільшення рекламного бюджету й підвищення агресивності реклами – отримано наступну прогнозну картину (експеримент 5).

Ринкові позиції підприємства значно покращилися. Кількість фактичних споживачів товару A підвищилася. Це видно як з накопичувальних даних (часова діаграма з накопиченням), так і з загальної тенденції покупок відповідних товарів (часовий графік).

Ринковий попит на товар A складає 42,9% проти 28,6% на товар B. Що стосується сектору споживачів, які можуть купити як товар A, так і товар B, він також є достатньо значним і становить 28,6%.

Таким чином, заходи підприємства щодо завоювання позицій на ринку, де спочатку його продукція не мала переваги, можуть призвести до вельми позитивних результатів. Якщо підприємство, до того ж, розгляне можливості скорочення терміну постачання свого виробу з власних складів до роздрібною мережі досліджуваного регіонального ринку, безумовно, результати можуть ще покращитися.

З результатів проведених імітаційних експериментів видно, що підприємство має достатньо сприятливі початкові умови для завоювання власного та прилеглих регіональних ринків. Але дані свідчать, що на деяких з них треба провести відповідну роботу для покращення позицій й повної реалізації можливостей. Врахування позиції конкурента – запорука прийняття зважених своєчасних управлінських рішень стосовно залучення потенційних споживачів досліджуваного виробу.

Висновки

Наведений приклад використання імітаційних технологій доводить можливості експериментального відтворення ринкового попиту на продукцію/послуги конкретної номенклатури. Це дозволяє досліджувати ринкові процеси в динаміці з максимальним наближенням до реальних ситуацій, що можуть скластися на відповідних товарних ринках.

Проведена серія експериментів демонструє імітацію поведінки споживачів, яка безпосередньо впливає на основні кінцеві показники діяльності підприємств-виробників продукції, розповсюдження якої залежить від споживчого інтересу. Обсяги реалізації продукції підприємств, їх фінансові результати, позиції на різноманітних товарних ринках – все це обумовлено дією споживачів, яка окрім безпосередньо

дій підприємства та його конкурентів, залежить від споживацьких традицій ринку, соціальної структури населення, платоспроможного попиту та т. і.

Проведені імітаційні експерименти показали ринкові позиції підприємства на різних товарних ринках, визначили «вузькі місця», обумовили необхідність проведення відповідних заходів для здійснення розповсюдження товарів з максимально вигідних ринкових позицій.

Звісно, модельні експерименти представлені в даному контексті у спрощеному вигляді. У промисловій експлуатації використання імітаційних моделей-тренажерів надає широкі можливості проведення всебічного прогностичного аналізу ринкової ситуації.

Імітаційні моделі, як дієвий апарат експериментального підходу в економіці, дозволяють запобігти помилковим діям у виробництві та розповсюдженні товарної продукції; підвищити фінансову стабільність підприємства, знизити впливи ризиків та невизначеності зовнішнього оточення.

Експериментальні дослідження ринку на базі моделей-тренажерів є ефективною заміною реальних випробувань, хоча б тому, що отримані результати – це тільки прогноз, а не реальність. Реальні ситуації ще можна поліпшити.

Abstract

Experimental economics is a new direction of economic thought that has been formed over the past two decades. Within this direction, the theory of conducting experiments on models of real complex economic systems and processes is determined. Conducting such experiments requires a significant mathematical base of research, as well as technological and software support. Examples of real developments in various industries prove that the implementation of the principles of experimental economics requires the involvement of various mathematical tools. However, traditional economic and mathematical methods do not fully correspond to a wide range of problems that are put before this economic direction. One of the ways to solve the problem is to use a simulation apparatus, the effectiveness of which has already been sufficiently confirmed by existing application applications. Experts determine that it was this type of modeling that had a significant impact on the development of experimental economics. One of the actual directions of experimental economics is the study of markets and market structures. A review of existing traditional simulation models of the market (single-product) was carried out. The developed model of the competitive market, demonstrated in a two-product version, is presented. The methodological basis of the model is two paradigms of imitation – system dynamics and agent modeling. The software platform is a system of multi-subverted simulation AnyLogic. System dynamics reproduces the processes of production and supply of products to the retail network of the commodity market. The agent approach reproduces consumer behavior in relation to the purchase of competing goods that are promoted in the market by different manufacturers. Experiments were carried out for the market of electrical products of domestic consumption. Simulation technologies in the promotion of products by manufacturers of electrical goods and the processes of functioning of regional markets in a competitive environment were investigated. The obtained results proved the effectiveness of using the simulation apparatus in commodity market research and determining on this basis effective marketing strategies of enterprises. Imitation of user behavior in the markets of goods / services is expedient to increase the efficiency of the processes of making various management decisions, taking into account the preferences of customers.

Список літератури:

1. Smith, V.L. (1962) An experimental study of competitive market behavior. *Journal of Political Economy* 70 (2): 111-137.
2. Smith V.L. Theory and experiment: what are the questions? // *The Journal of Economic Behavior & Organisation* (special issue on the methodology). 2008. № 73. pp. 3-15.
3. Tversky A., Kahneman D., *Advances in prospect theory: cumulative representation of uncertainty* // *Journal of Risk and Uncertainty*. 1992. № 5. pp. 297-323.
4. Camerer C.F. *Behavioral Economics: Past, Present, Future*. California: Caltech, 2002. 61 p.
5. Талер Р. Поведінкова економіка. Як емоції впливають на економічні рішення. Київ: Наш Формат, 2018. 464 с.
6. Doneva R. Highlights from Behavioural Science Summit 2018 at Warwick B-School // *Medium*. 2018. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://medium.com/common-good/highlights-from-behavioural-science-summit-2018-at-warwick-b-school-47fb00f34d6>.
7. Fogg B.J. 15 Ways Behavior Can Change. // *Fogg Behavior Grid*. 2018. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.behaviorgrid.org>.
8. Foxall G.R. Behavioral Economics in Consumer Behavior Analysis. // *Behav Analyst*. 2017. №40. pp. 309-313.

9. Baddeley M. Behavioral Economics: Past, Present, and Future. // OpenMind. 2018. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.bbvaopenmind.com/en/articles/behavioral-economics-past-present-and-future>.
10. Banerjee A.V. Handbook of Economic Field Experiments. Elsevier. North-Holland, 2017. Vol. 1. 528 p.
11. Behavioral Science Around the World: Profiles of 10 Countries. // World Bank. 2018. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://documents.worldbank.org/curated/en/710771543609067500/Behavioral-Science-Around-the-World-Profiles-of-10-Countries>.
12. Reisch L.A. Behavioural economics, consumer behaviour and consumer policy: state of the art. // Behavioural economics, consumer behaviour and consumer policy. 2017. № 1. pp. 190-206.
13. Rodriguez G. The importance of behavioral economics for marketers. // IE. 2018. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://drivinginnovation.ie.edu/the-importance-of-behavioral-economics-for-marketers>.
14. Riley G. Criticisms (Behavioural Economics). // Tutor2u. 2017. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.tutor2u.net/economics/reference/criticisms-of-behavioural-economics>.
15. Broughel J. The Dangers Posed by Behavioral Economics. // RealClearPolicy. 2017. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.realclearpolicy.com/articles/2017/10/20/the_dangers_posed_by_behavioral_economics_110394.html.
16. NEP report on Experimental Economics (archive). [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://econpapers.repec.org/scripts/nep.pf?list=nep-exp>.
17. Меркулова Т.В. Експеримент в економічному аналізі: досвід vs скепсис. // Вісник ХНУ імені В.Н. Каразіна серія «Економічна». 2017. Вип. 92. с. 7-13.
18. Меркулова Т.В., Кононова К.Ю. Нейромережевий підхід до моделювання поведінки: аналіз результатів експерименту «суспільне благо». // Нейро-нечіткі технології моделювання в економіці. 2015. № 4. с.113-134.
19. Merkulova T., Kononova K., Deyneka M. Income inequality influence on economic growth and sustainable development. // Rivista di Studi sulla Sostenibilita. 2018. № 2. P. 27-43.
20. Біткова Т., Меркулова Т., Янцевич А. Системно-динамічна модель податкової поведінки з урахуванням розподілу доходів. // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Економічна». 2019. № 97. С. 21-30
21. Borshchev A., Grigoryev I. The Big Book of Simulation Modeling. Multimethod Modeling with AnyLogic 8. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.anylogic.ru/resources/books/big-book-of-simulation-modeling>.
22. Topazh A.G. Agent models of evolutionary games. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.anylogic.ru/upload/iblock/ba9/ba901899e834960d61c3c19f73c052c6.pdf>.
23. Katalovsky D.Y., Solodov V.V., Kravchenko K.K., Panov R.A. Modeling user behavior // Artificial societies. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.anylogic.ru/upload/iblock/cc3/cc3ef664905f3a5cbcaac4f6b5956a75.pdf>.
24. Соколовська З.М. Багатопідходне імітаційне моделювання на платформі AnyLogic. Одеса: Екологія, 2018. 212 с.
25. Сайт The AnyLogic company. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.anylogic.ru>.
26. Офіційний сайт виробника енергозберігаючих обігрівачів UDEN-S. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://uden-s.ua>.
27. Офіційний сайт компанії «Ерафлайн». [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://eraflyme.com.ua>.

References:

1. Smith, V.L. (1962). An experimental study of competitive market behavior. *Journal of Political Economy* 70 (2), 111-137 [in English].
2. Smith, V.L. (2008). Theory and experiment: what are the questions? *The Journal of Economic Behavior & Organisation* (special issue on the methodology), 73, 3-15 [in English].
3. Tversky, A., & Kahneman, D. (1992). Advances in prospect theory: cumulative representation of uncertainty // *Journal of Risk and Uncertainty*, 5, 297-323 [in English].
4. Camerer, C.F. (2002). *Behavioral Economics: Past, Present, Future*. California: Caltech. 61 p. [in English].
5. Taler, R. (2018). *Behavioral economics. How emotions affect economic decisions*. Kyiv: Nash Format, 464 [in Ukrainian].
6. Doneva, R. (2018). Highlights from Behavioural Science Summit 2018 at Warwick B-School. Medium. Retrieved from: <https://medium.com/common-good/highlights-from-behavioural-science-summit-2018-at-warwick-b-school-47fb00f34d6> [in English].

7. Fogg, B.J. (2018). 15 Ways Behavior Can Change. Fogg Behavior Grid. Retrieved from: <https://www.behaviorgrid.org> [in English].
8. Foxall, G.R. (2017). Behavioral Economics in Consumer Behavior Analysis. *Behav Analyst.* 40. 309-313 [in English].
9. Baddeley, M. (2018). Behavioral Economics: Past, Present, and Future. *OpenMind*. Retrieved from: <https://www.bbvaopenmind.com/en/articles/behavioral-economics-past-present-and-future> [in English].
10. Banerjee, A.V. (2017). *Handbook of Economic Field Experiments*. Elsevier. North-Holland. Vol. 1. 528 p. [in English].
11. Behavioral Science Around the World: Profiles of 10 Countries. (2018). World Bank. Retrieved from: <http://documents.worldbank.org/curated/en/710771543609067500/Behavioral-Science-Around-the-World-Profiles-of-10-Countries> [in English].
12. Reisch, L.A. (2017). Behavioural economics, consumer behaviour and consumer policy: state of the art. *Behavioural economics, consumer behaviour and consumer policy*, 1, 190-206 [in English].
13. Rodriguez, G. (2018). The importance of behavioral economics for marketers. *IE*. Retrieved from: <https://drivinginnovation.ie.edu/the-importance-of-behavioral-economics-for-marketers> [in English].
14. Riley, G. (2017). Criticisms (Behavioural Economics). *Tutor2u*. Retrieved from: <https://www.tutor2u.net/economics/reference/criticisms-of-behavioural-economics> [in English].
15. Broughel, J. (2017). The Dangers Posed by Behavioral Economics. *RealClearPolicy*. Retrieved from: https://www.realclearpolicy.com/articles/2017/10/20/the_dangers_posed_by_behavioral_economics_110394.html [in English].
16. NEP report on Experimental Economics (archive). Retrieved from: <https://econpapers.repec.org/scripts/nep.pf?list=nep-exp> [in English].
17. Merkulova, T.V. (2017). Experiment in economic analysis: experience vs skepticism. *Visnyk KhNU imeni V.N. Karazina serii "Ekonomichna"*. Vol. 92, 7-13 [in Ukrainian].
18. Merkulova, T.V., & Kononova, K.Yu. (2015) Neural network approach to behavior modeling: analysis of the results of the "public good" experiment. *Neiro-nechitki tekhnolohii modeliuvannia v ekonomitsi*, 4, 113-134 [in Ukrainian].
19. Merkulova, T., Kononova, K., & Deyneka, M. (2018). Income inequality influence on economic growth and sustainable development. *Rivista di Studi sulla Sostenibilita*, 2, 27-43 [in English].
20. Bitkova, T., Merkulova, T., & Yantsevych, A. (2019). System-dynamic model of tax behavior taking into account the distribution of income. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V.N. Karazina. Serii "Ekonomichna"*, 97, 21-30 [in Ukrainian].
21. Borshchev, A., & Grigoryev, I. *The Big Book of Simulation Modeling. Multimethod Modeling with AnyLogic 8*. Retrieved from: <https://www.anylogic.ru/resources/books/big-book-of-simulation-modeling> [in English].
22. Topazh, A.G. Agent models of evolutionary games. Retrieved from: <https://www.anylogic.ru/upload/iblock/ba9/ba901899e834960d61c3c19f73c052c6.pdf> [in English].
23. Katalevsky, D.Y., Solodov, V.V., Kravchenko, K.K., & Panov, R.A. Modeling user behavior. *Artificial societies*. Retrieved from: <https://www.anylogic.ru/upload/iblock/cc3/cc3ef664905f3a5cbcaac4f6b5956a75.pdf> [in English].
24. Sokolovska, Z.M. (2018). Multi-approach simulation modeling on the AnyLogic platform. *Odesa: Ekolohiia*, 212 [in Ukrainian].
25. Website The AnyLogic company. Retrieved from: <http://www.anylogic.ru> [in English].
26. Official website of the manufacturer of energy-saving heaters UDEN-S. Retrieved from: <https://uden-s.ua> [in Ukrainian].
27. Official website of the company "Eraflaim". Retrieved from: <https://eraflyme.com.ua> [in Ukrainian].

Посилання на статтю:

Соколовська З.М. Імітаційні технології експериментальної економіки / З.М. Соколовська // *Економічний журнал Одеського політехнічного університету*. – 2022. – № 4 (22). – С. 21-32. – Режим доступу до журн.: <https://economics.net.ua/ejopu/2022/No4/21.pdf>.
DOI: 10.15276/EJ.04.2022.3. DOI: 10.5281/zenodo.7879423.

Reference a Journal Article:

Sokolovska Z.M. *Simulation Technologies of Experimental Economics* / Z.M. Sokolovska // *Economic journal Odessa polytechnic university*. – 2022. – № 4 (22). – P. 21-32. – Retrieved from <https://economics.net.ua/ejopu/2022/No4/21.pdf>.
DOI: 10.15276/EJ.04.2022.3. DOI: 10.5281/zenodo.7879423.

