



DOI: [https://doi.org/10.58253/2078-1628-2025-2\(34\)-040](https://doi.org/10.58253/2078-1628-2025-2(34)-040)

УДК 330.4
JEL C1, C7

Галина Олександрівна УС
доктор економічних наук, професор,
завідувач кафедри економіки, маркетингу, обліку і оподаткування,
директор департаменту з підготовки наукових кадрів,
Приватний заклад вищої освіти
«Східноєвропейський університет імені Рауфа Аблязова»,
м. Черкаси, Україна
 <https://orcid.org/0000-0001-8954-591X>
us_galina@ukr.net

Михайло Вікторович ЯРМОЛЕНКО
кандидат фізико-математичних наук, доцент,
професор кафедри економіки, маркетингу, обліку і оподаткування,
Приватний заклад вищої освіти
«Східноєвропейський університет імені Рауфа Аблязова»,
м. Черкаси, Україна
 <https://orcid.org/0000-0003-4332-1368>
yarmolenko@suem.edu.ua

Сергій Олександрович МОГІЛЕЙ
доктор філософії з комп'ютерних наук,
доцент кафедри економіки, маркетингу, обліку і оподаткування,
Приватний заклад вищої освіти
«Східноєвропейський університет імені Рауфа Аблязова»,
м. Черкаси, Україна
 <https://orcid.org/0000-0002-9296-6827>
sergiymogiley@gmail.com

ЗАСТОСУВАННЯ ДИСКРЕТНИХ ТА НЕПЕРЕРВНИХ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДО АНАЛІЗУ ДИНАМІКИ РИНКОВОЇ РІВНОВАГИ

Анотація. Дане дослідження присвячене розробці методології вивчення економіко-математичних моделей, які описують динаміку встановлення



ринкової рівноваги. В ньому пропонується розрізняти дискретні та неперервні моделі встановлення економічної рівноваги на ринку, наголошується на ключових відмінностях динамічних рівноважних моделей від статичних. Такий підхід дозволить будувати високоточні моделі з використанням релевантного математичного апарату, а також розробляти ефективні програмні алгоритми їх реалізації.

В статті наголошується на тому, що, як для динамічних економіко-математичних моделей взагалі, так і для моделей ринкової рівноваги зокрема, обов'язковим параметром є час. Крім цього, важливим аспектом є динаміка самого економічного процесу (в даному випадку – процесу встановлення ринкової рівноваги), а саме її «стрибокподібність» в часі. Від цього залежить, якої саме є досліджувана модель, – дискретною чи неперервною.

Дана наукова робота не ставить на меті охопити повний спектр всіх відомих економіко-математичних моделей динаміки ринкової рівноваги – натомість, на основі ряду прикладів таких моделей, вона прагне просунути в створенні дієвого підходу до вибору та використання таких математичного та комп'ютерного апаратів, які дозволили б зекономити максимум ресурсів для реалізації досліджуваних моделей.

Ключові слова: економіко-математична модель, дискретний аналіз, економічна динаміка, ринкова рівновага, диференціальні та різницеві рівняння.

Вступ. Процеси тривалої та всеохоплюючої діджиталізації всіх без винятку сфер вітчизняної та світової економіки сприяють стрімкому розвитку такого напрямку науково-прикладного інтересу як економіко-математичне моделювання. Результати передових досліджень в точних та фундаментальних науках закладають підвалини якісно нової економічної думки – заснованої на синергії інформаційних технологій, прикладного штучного інтелекту, системного та бізнес-аналізу й класичного математичного апарату.

На сьогоднішній день все гостріше постає проблема одночасної складності самих економіко-математичних моделей та потреби в простоті їх інтерпретації. В цьому контексті вимоги до професійної кваліфікації науковця або дослідника значно зростають, а використання в науково-дослідній діяльності «помічників» – засобів штучного інтелекту стає буденністю.

Втім, дослідження математичної методології побудови та вивчення різних моделей економіки залишається вкрай необхідним. Особливо це стосується динамічних моделей – тобто, тих, що досліджують насамперед плинні в часі економічні процеси. Одним з класів таких моделей є економіко-математичні



моделі ринкової рівноваги, які описують процес досягнення умовно статичного стану кон'юнктури ринку.

Глибоке розуміння внутрішніх факторів динаміки процесів встановлення ринкової рівноваги дозволяє передбачати значні економічні флуктуації та уникати їх негативних наслідків для економіки. Саме тому дослідження відповідного класу економіко-математичних моделей є потрібним та актуальним.

Постановка проблеми. Будь-яка економіко-математична модель вимагає для свого дослідження застосування оптимальних математичних підходів. У випадку, якщо такий підхід до вивчення моделі обрано недостатньо оптимально, інтерпретація результатів роботи моделі може бути суттєво викривленою, а алгоритми її комп'ютерної реалізації – складними та неефективними. З цієї точки зору пропонується концептуальний поділ економіко-математичних моделей на дискретні та неперервні. В основі такого поділу – методологія математичного опису та дослідження тієї чи іншої моделі. Так, дискретним моделям відповідають методи вищої алгебри, дискретної математики, аналітичної та диференціальної геометрії, теорії оптимізації тощо; до неперервних моделей застосовують насамперед методи математичного аналізу.

Вирішення проблеми вибору методології дослідження економіко-математичної моделі залежить насамперед від чіткого розуміння економічної сутності того процесу (або явища), який дана модель описує. При цьому не виключено, що конкретна модель може бути одночасно і дискретною, і неперервною, через що оптимальність вибору підходу до її вивчення може стати предметом наукової дискусії. Розробка і впровадження неоптимальних методів роботи з економіко-математичними моделями може призвести до ряду негативних наслідків: залучення з великих фінансових і людських ресурсів, а також програмного та апаратного забезпечення тощо і, зрештою, втрати економічного ефекту (прибутку) від безпосереднього застосування впровадженої моделі на практиці.

Наведене вище вказує на необхідність та актуальність розробки чіткої науково-прикладної методології вибору релевантних підходів до опису та дослідження економіко-математичних моделей взагалі та моделей встановлення ринкової рівноваги зокрема.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема економіко-математичного моделювання ринкової рівноваги знаходиться в полі зору вчених всього світу вже доволі давно. І якщо класичні праці з економічної теорії є

загальновідомими, то з останніх статей на дану тематику особливу увагу привертає [1], де розглядається оцінка ринкової рівноваги основних динамічних моделей. Класифікацію моделей економічної рівноваги подають автори в [2]. Модель Еванса встановлення рівноважної ціни – одна з найбільш відомих моделей ринкової рівноваги — отримала розвиток в [3] та [4]. Взаємозв'язок показників, що характеризують ринкову рівновагу на товарних ринках, з рівнем економічного добробуту населення, досліджується в [5].

Формулювання цілей дослідження. Метою даного дослідження є аналіз та систематизація основних економіко-математичних моделей встановлення ринкової рівноваги з точки зору поділу їх на дискретні та неперервні, що в подальшому дозволить оптимізувати вибір математичних підходів до опису й вивчення нових аналогічних моделей.

Досягнення зазначеної мети передбачає виконання таких завдань: описати основні відомі економіко-математичні моделі ринкової рівноваги; дослідити дискретні підходи до вивчення таких моделей; вивчити неперервні методи дослідження даних моделей; розробити методологію вибору конкретного математичного (та/або комп'ютерного) апарату для дослідження вказаних економіко-математичних моделей.

Виклад основних результатів та їх обґрунтування. Ринкова рівновага в найширшому розумінні – це збалансованість попиту і пропозиції [6]. Для графічної ілюстрації стану ринкової рівноваги (Рис. 1) введемо позначення: S – пропозиція, D – попит, P – ціна, Q – кількість, E – точка рівноваги. Стан рівноваги описується рівністю $S = D$; в цьому стані ціна та кількість набувають своїх рівноважних значень: $P = P^*$, $Q = Q^*$.

Згідно [2], з врахуванням змінності економічних процесів моделі економічної рівноваги поділяються на статичні і динамічні. Основною відмінністю других від перших є опис не самого стану рівноваги ринку, а станів, які йому передували, – тобто, процес встановлення рівноваги та можливість вийти з нього.

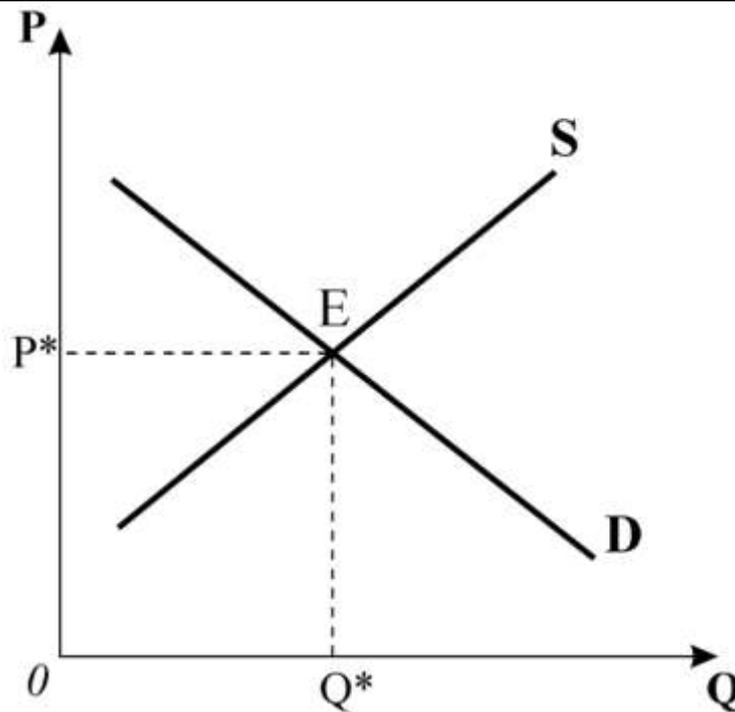


Рис. 1. Загальна схема ринкової рівноваги

Джерело: побудовано автором з використанням [3; 9].

Відповідно, динамічні моделі можна розділити на дискретні та неперервні. Так само в [2] зазначається, що за способом математичної формалізації моделі економічної рівноваги бувають лінійні, нелінійні, матричні, стохастичні та такі, що послуговуються спеціальним математичним апаратом (наприклад, теорією ігор). Варто додати, що стохастичні (засновані на ймовірнісних оцінках) моделі можуть описуватися дискретними та неперервними випадковими величинами. Лінійні та нелінійні моделі відносяться переважно до неперервних, оскільки їхня формалізація часто проводиться за допомогою степеневих (з розкладанням функції в ряд) та диференціальних рівнянь першого та вищих порядків.

Для більш точної ілюстрації відмінностей між статичними та динамічними (дискретними й неперервними) моделями економічної рівноваги наведемо кілька прикладів.

Однією з класичних статичних моделей рівноваги ринку є рівновага за Вальрасом, згідно якої вартості сукупних попиту та пропозиції на ринку товару співпадають між собою [7]. Свого часу модель Вальраса зазнала критики через певну свою «обмеженість» (вона описується системою рівнянь) і отримала розвиток як модель Ерроу-Дебре [8] (в формі системи нерівностей).

Певну схожість з моделлю рівноваги ринку за Вальрасом має концепція ринкової рівноваги Маршалла [9]. Та всі ці моделі описують саме кінцевий стан рівноваги, а не плинний процес її досягнення.

Динамічні моделі економічної рівноваги, навпаки, описують не стільки кінцевий рівноважний стан ринку, а скільки процес переходу від стану відсутності рівноваги до її встановлення. В цьому контексті важливим параметром відповідних економіко-математичних моделей є час t .

При цьому, параметр часу t фігурує у відповідних моделях не завжди явно. Наприклад, в моделі Еванса встановлення рівноважної ціни [3-4] функції попиту та пропозиції залежать від значення ціни, тобто, $D = D(P)$, $S = S(P)$. Але сама ціна P є функцією, залежною від часу t : $P = P(t)$. Звідси випливає, що $D = D(P(t)) = D(t)$, $S = S(P(t)) = S(t)$.

З математичної точки зору згадана модель Еванса описується за допомогою диференціального рівняння зі сталими коефіцієнтами – в базовій інтерпретації це рівняння має перший порядок, а в деяких подальших – другий. Далі, диференціальне рівняння другого порядку, з фізичної точки зору, є рівнянням осцилятора – воно описує процес хвильових коливань. Якщо ці коливання є затухаючими, то вони дуже точно описують процес встановлення рівноважної ціни на ринку. Звідси можна зробити висновок, що модель Еванса – чиста неперервна економіко-математична модель встановлення ринкової рівноваги.

Якщо ж спробувати дещо відійти від ідеї часової неперервності та покласти в основу моделі Еванса дискретний час, то можна отримати аналогічну, але дещо видозмінену модель ринкової рівноваги, відому в економіко-математичному моделюванні як павутиноподібна [9]. В цій моделі встановлення рівноваги відбувається «стрибками» – коли попит та пропозиція поступово (з часом) врівноважуються між собою, а ціна прямує до свого рівноважного значення, проте, не неперервно, а дискретно. Відповідно, з математичної точки зору, для опису павутиноподібної моделі варто використовувати не диференціальні, а різницеві рівняння.

Висновки. В даному дослідженні було проведено аналіз та систематизацію основних економіко-математичних моделей встановлення ринкової рівноваги. Дані моделі було описано з точки зору поділу їх на дискретні та неперервні – з урахуванням плинності в часі відповідних економічних процесів.

Під час проведення дослідження були виконані наступні завдання: описані основні відомі економіко-математичні моделі ринкової рівноваги; вивчені дискретні підходи до вивчення таких моделей: методи вищої алгебри, матричного числення, теорії оптимізації, різницеві рівняння тощо; проаналізовані неперервні методи дослідження даних моделей: диференціальні рівняння ті інші підходи математичного аналізу; розроблено методологію вибору



конкретного математичного (та/або комп'ютерного) апарату для дослідження вказаних економіко-математичних моделей, в основу якої покладено обов'язкову наявність часового параметру моделі та характер часової плинності відповідного економічного процесу.

Перспективи подальших досліджень. В подальшому запропонована методологія дослідження дискретних та неперервних моделей ринкової рівноваги може бути суттєво уточнена та доповнена. Її подальше розширення та розвиток дозволять оптимізувати вибір математичних підходів до опису й вивчення економіко-математичних моделей ринкової рівноваги.

Список використаних джерел:

1. Білоусова Т.П. Оцінка ринкової рівноваги основних динамічних моделей. *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка*. 2023. № 16. С. 181-187. DOI: <https://doi.org/10.32782/2708-0366/2023.16.1>
2. Савченко Т.Г., Качаєв О.С. Класифікація моделей економічної рівноваги. *Вісник Української академії банківської справи*. 2009. № 2. С. 22-30. DOI: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/57221>
3. Zabolotnii S., Mogilei S. Modifications of Evans price equilibrium model. *Informatyka, Automatyka, Pomiarzy W Gospodarce I Ochronie Środowiska*. 2023. № 13 (1). P. 58-63. DOI: <https://doi.org/10.35784/iapgos.3507>
4. Ji-Huan He, Chun-Hui He, Hamid M. Sedighi. Evans model for dynamic economics revised. *AIMS Mathematics*. 2021. Volume 6, Issue 9. P. 9194-9206. DOI: [10.3934/math.2021534](https://doi.org/10.3934/math.2021534)
5. Скляренко М. Моделювання ринкової рівноваги, її викривлення через комплекс маркетингу та вплив на добробут споживачів. *Сталий розвиток економіки*. 2025. № 5 (56). С. 515-523. DOI: <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2025-56-71>
6. Іванько А.В. Ринкова рівновага на аграрному ринку: особливості узгодження сил попиту і пропозиції. *Економічний аналіз: збірник наукових праць*. 2015. Том 19. № 3. С. 23-28.
7. Зелінська О.В., Попадинець Н.П. Ринкова рівновага та методи її дослідження. *VIII МНМК Форум молодих економістів-кібернетиків «Моделювання економіки: проблеми, тенденції, досвід»*. 28-29 вересня 2017 р., м. Львів. С. 158-160.
8. Тимошук М.Р. та ін. Модель часткової економічної рівноваги ринку автомобільної продукції України. *Фінансово-кредитна діяльність: проблеми теорії і практики*. 2020. № 3 (34). С. 196-206.
9. Савченко Т.Г. Генезис теорій економічної рівноваги. *Економіка і регіон*. 2010. №1. С. 198-206.



Galyna US

Doctor of Economic Sciences, Professor,
Head of the Department of Economics,
Marketing, Accounting and Taxation,
Director of the Department for the Training of Scientific Personnel,
Private Higher Education Institution
«Rauf Ablyazov East European University»,
Cherkasy, Ukraine

 <https://orcid.org/0000-0001-8954-591X>
us_galina@ukr.net

Mykhailo YARMOLENKO

Doctor of Philosophy in Physics and Mathematics, Associate Professor,
Professor of the Department of Economy, Marketing, Accounting and Taxation,
Private Higher Education Institution
«Rauf Ablyazov East European University»,
Cherkasy, Ukraine

 <https://orcid.org/0000-0003-4332-1368>
yarmolenko@suem.edu.ua

Sergii MOGILEI

Doctor of Philosophy in Computer Science,
Associate Professor of the Department of Economy,
Marketing, Accounting and Taxation,
Private Higher Education Institution
«Rauf Ablyazov East European University»,
Cherkasy, Ukraine

 <https://orcid.org/0000-0002-9296-6827>
sergiymogiley@gmail.com

**APPLICATION OF DISCRETE AND CONTINUOUS
ECONOMIC-MATHEMATICAL MODELS
TO THE ANALYSIS OF MARKET EQUILIBRIUM DYNAMICS**

***Abstract.** This study is devoted to the development of a methodology for studying economic and mathematical models that describe the dynamics of establishing market equilibrium. It proposes to distinguish between discrete and continuous models of establishing economic equilibrium in the market, emphasizing the key differences between dynamic equilibrium models and static ones. This approach will allow*



building high-precision models using relevant mathematical tools, as well as developing effective software algorithms for their implementation.

The article emphasizes that, both for dynamic economic and mathematical models in general and for market equilibrium models in particular, time is a mandatory parameter. In addition, an important aspect is the dynamics of the economic process itself (in this case, the process of establishing market equilibrium), namely its "jumpiness" in time. This determines whether the model under study is discrete or continuous.

This scientific work does not aim to cover the full range of all known economic and mathematical models of market equilibrium dynamics – instead, based on a number of examples of such models, it seeks to advance in creating an effective approach to the selection and use of such mathematical and computer tools that would allow saving maximum resources for the implementation of the models under study.

Keywords: *economic and mathematical model, discrete analysis, economic dynamics, market equilibrium, differential and difference equations.*