

УДК 340.4:519.866

JEL Classification: C610, C630, E270

DOI: <http://doi.org/10.34025/2310-8185-2023-1.89.11>

Василь Григорків, д.ф.-м.н., професор,
<https://orcid.org/0000-0003-4866-946X>

Марія Григорків, д.е.н., доцент,
<https://orcid.org/0000-0003-3327-991X>

Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича,
м. Чернівці

МОДЕЛЮВАННЯ ФУНКЦІЙ ПОПИТУ ТА ПРОПОЗИЦІЇ НА ОДНОТОВАРНОМУ РИНКУ

Анотація

Актуальність. Постановка проблеми. У будь-якій ринковій економіці процеси попиту та пропозиції активно розвиваються і взаємодіють між собою, впливаючи на функціонування економіки загалом. У зв'язку з цим пов'язані з попитом і пропозицією проблеми є актуальними для наукових досліджень як у теоретичному, так і у прикладному аспектах, оскільки їх глибоке обґрунтування дозволяє розробити адекватну економічну політику та відповідні регулюючі механізми, що сприяють встановленню ефективної взаємодії між суб'єктами попиту та пропозиції та формуванню ними якісних ринкових рішень.

Мета дослідження. Застосування методу умовного згладжування (умовної апроксимації) даних для побудови моделей класичних функцій попиту та пропозиції з відповідними апріорними властивостями на основі даних спостереження, для яких характерним є порушення цих властивостей.

Результати. Запропоновано один із підходів до моделювання неперервних функцій (кривих) попиту та пропозиції на основі даних спостереження (моніторингу) за динамікою попиту та пропозиції. Специфіка цих даних полягає у тому, що у зв'язку із впливом на них зовнішніх факторів і похибками їх вимірювання у процесі спостереження за зміною попиту та пропозиції вони не завжди узгоджуються із теоретичними закономірностями, які відображаються кривими попиту та пропозиції (спостережувані значення попиту зі зростанням ціни мали б належати спадній та опуклій (вниз) кривій, а пропозиції – зростаючій та угнутій (опуклій вгору) кривій). Реалізація запропонованого підходу зводиться до умовного згладжування даних спостереження, тобто заміни цих даних іншими даними, які задовольняють наперед задані властивості кривих попиту і пропозиції та є розв'язками певних оптимізаційних задач. Побудовані у такий спосіб моделі функцій (кривих) попиту та пропозиції дозволяють також визначити рівноважні значення ціни, попиту і пропозиції.

Практичне значення. Як підходи до побудови функцій попиту та пропозиції, так і власне самі ці функції мають не тільки теоретичне, але й важливе практичне застосування для аналізу ринкових явищ і процесів, зокрема для встановлення ринкової рівноваги, уточнення її параметрів і розробки відповідних рішень, пов'язаних із досліджуваним ринком. Крім того, запропонований у роботі інструментарій може бути успішно використаний під час моделювання інших типів функцій економічної поведінки, наприклад функцій витрат і випусків, функцій корисності тощо. Ефективному практичному застосуванню розробленого інструментарію моделювання функціональних моделей в економіці сприяє також достатньо потужне на сьогодні програмне забезпечення та сучасні інформаційні технології.

Перспектива подальших досліджень. Запропоновані моделі функцій (кривих) попиту та пропозиції належать до класу кусково-лінійних функцій. На основі цих функцій можна розробити інструментарій побудови гладких (наприклад, двічі неперервно диференційовних) функцій попиту та пропозиції із відповідними класичними у теорії попиту та пропозиції властивостями. Побудова таких функцій складає предмет подальших досліджень і окреслює їх перспективу.

Ключові слова: модель, моделювання, ринок, функція попиту, функція пропозиції.

Кількість джерел: 15.

Vasyl Hryhorkiv, Doctor of Physical and
Mathematical Sciences, Professor,
<https://orcid.org/0000-0003-4866-946X>

Mariia Hryhorkiv, Doctor of Economic Science,
Associate Professor,
<https://orcid.org/0000-0003-3327-991X>

Yuriy Fedkovich Chernivtsi National University, Chernivtsi

SIMULATION OF DEMAND AND SUPPLY FUNCTIONS IN THE SINGLE-PRODUCT MARKET

Summary

In any market economy, supply and demand processes are actively developing and interacting with each other, influencing the functioning of the economy as a whole. In this regard, problems related to supply and demand are relevant for scientific research in both theoretical and applied aspects, since their deep justification allows for the development of adequate economic policy and appropriate regulatory mechanisms that contribute to the establishment of effective interaction between sub objects of supply and demand and their formation of quality market solutions.

Application of the method of conditional smoothing (conditional approximation) of data to build models of classic supply and demand functions with appropriate a priori properties based on observational data, which are characterized by violations of these properties.

One of the approaches to the modeling of continuous functions (curves) of supply and demand based on the data of observation (monitoring) of the dynamics of supply and

demand is proposed. The specificity of these data lies in the fact that due to the influence of external factors on them, their measurement errors in the process of observing changes in supply and demand, they do not always agree with the theoretical regularities reflected in the supply and demand curves (observed demand values with price increases should belong to a descending and convex (downward) curve, and offers – to an increasing and concave (upward convex) curve). The implementation of the proposed approach is reduced to the conditional smoothing of the observation data, i.e., the replacement of these data with other data satisfying the predetermined properties of the supply and demand curves and are solutions to certain optimization problems. Models of supply and demand functions (curves) built in this way also allow determining the equilibrium values of price, demand and supply.

Both approaches to the construction of supply and demand functions, and these functions themselves have not only theoretical, but also important practical applications for the analysis of market phenomena and processes, in particular for establishing market equilibrium, specifying its parameters, and developing appropriate solutions related to the researched market. In addition, the toolkit proposed in the work can be successfully used when modeling other types of economic behavior functions, such as expenditure and output functions, utility functions etc. The effective practical application of the developed toolset for simulation of functional models in the economy is also facilitated by sufficiently powerful software and modern information technologies.

The proposed models of supply and demand functions (curves) belong to the class of piecewise linear functions. On the basis of these functions, it is possible to develop a toolkit for constructing smooth (for example, twice continuously differentiable) supply and demand functions with the corresponding classical properties in supply and demand theory. The construction of such functions is the subject of further research and outlines their perspective.

Keywords: model, modeling, market, demand function, supply function.

Number of sources – 16.

Постановка проблеми. Попит і пропозиція належать до фундаментальних категорій економічної теорії. Без їх взаємодії та відповідного впливу на ціни товарів чи послуг ринкова економіка не функціонує. Як попит, так і пропозиція динамічно змінюються, можуть вимірюватися у різних одиницях вимірювання, хоча універсальною все-таки вважається грошова одиниця. Дослідження теоретичних і прикладних проблем, пов'язаних із попитом і пропозицією, найперше стосуються теорії економічної рівноваги, ринкових відносин між споживачами та виробниками, розробки і прийняття рішень в ринковій економіці та інших напрямів економічної теорії і практики.

Зазвичай аналіз ринку (товарів і послуг, ресурсів тощо) здійснюється з метою визначення найважливіших функцій цього

ринку у тій чи іншій ринковій економіці. В умовах сучасних економічних і політичних реалій дуже важливо, щоб ринок мав оптимальну номенклатуру ресурсів і товарів, характеризувався раціональною та ефективною поведінкою його учасників, що є принципово необхідним для його стійкості та функціонування загалом. Варто також акцентувати на тому, що кожний окремий ринок має свої особливості, виявлення та дослідження яких часто належать до пріоритетних проблем ринку, розв'язання яких дозволяє розробити успішні регулюючі механізми впливу на нього. З метою уникнення негативних наслідків функціонування ринку його потрібно постійно моніторити та регулювати. Наглядним прикладом у цьому сенсі є ринок праці, оскільки будь-який дисбаланс на ньому може стати серйозною причиною загострення суспільно-політичних і соціальних процесів. Практично на всіх ринках гострою є також проблема узгодження взаємодії між суб'єктами попиту та пропозиції, наприклад на ринку освітніх послуг це стосується узгодження потенціалу виробників цих послуг з потребами їх споживачів. Аналогічна ситуація і на інших ринках. Отже, специфіка відповідного ринку, його стан і перспективи належать до актуальних проблем наукового пізнання та економічної практики.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У будь-якій ринковій економіці процеси попиту та пропозиції відображають закономірності того чи іншого ринку, тому їх глибоке наукове обґрунтування має вагоме теоретичне та практичне значення як в контексті розширення знань про ринок і його специфіку, так і у сенсі ринкового регулювання на практиці. До того ж, попит і пропозиція належать до динамічних процесів, тому їх моніторинг на ринку потребує постійних зусиль дослідників, особливо ринкових аналітиків, для мобільної та якісної обробки відповідної інформації з метою підготовки та прийняття адекватних рішень зацікавленими ринковими суб'єктами. Отже, дослідження ринкових процесів завжди було і є актуальним і корисним для широкого кола теоретиків і практиків у цій сфері. У зв'язку з цим як теоретичні, так і прикладні (у сенсі розробки певних інструментаріїв) доробки у напрямі дослідження проблем попиту та пропозиції на сьогодні є

достатньо значущими, про що може свідчити наявність значної кількості наукових публікацій, перелік яких та їх детальний огляд у рамках цієї праці неможливий.

Однак, коли йдеться про окремі питання попиту та пропозиції, які тією чи іншою мірою дотичні до предмету досліджень авторів, то варто відзначити праці таких науковців, як Н. В. Рощина [1], В. В. Шаповалов [2], О. П. Корній, С. А. Качмар [3], Т. Савченко, О. Родіна [4], Н. Ф. Стеблюк, Н. В. Кузьменко [5], Н. Б. Андрейшина [6-7], І. Б. Скворцов, У. О. Балик [8], Н. В. Валінкович, К. С. Солонінко, А. Й. Щехорський [9], Т. П. Білоусова [10-12] та ін. Праці згаданих вище та багатьох інших вчених розкривають цілу низку аспектів ринкового попиту та пропозиції, поглиблюючи розуміння об'єкта та предмета досліджень, а також пов'язаних з ними питань методології та методики наукових розвідок, зокрема питань моделювання функцій попиту та пропозиції.

Формулювання цілей статті. Як уже було зазначено вище, крім загальних теоретичних проблем, пов'язаних з попитом і пропозицією, чимало досліджень на сьогодні присвячено також розробці та впровадженню інструментарію моделювання функцій попиту і пропозиції, рівноваги ринку, його стійкості та динаміки. Усі ці дослідження формують особливий кластер наукових принципів і підходів до формалізації процесів попиту і пропозиції та вдосконалення їх опису, аналітичного супроводження, інформаційного та програмного забезпечення, що в умовах цифровізації ринкової економіки є надзвичайно важливим.

З іншого боку, результати наукових досліджень у сфері економіко-математичного моделювання, зокрема моделювання попиту та пропозиції, відкривають для науковців можливості щодо вивчення ще не достатньо розкритих проблем ринкового механізму та практичного застосування отриманих знань. У цьому контексті однією з таких проблем є проблема адекватності моніторингової інформації про попит і пропозицію на ринку товарів (послуг), ресурсів та ін., а найперше – проблема часто спостережуваної невідповідності між даними та закономірностями спостережуваних процесів і явищ. Йдеться про загальновідомі факти, коли дані

спостереження не зовсім точно відтворюють закони попиту та пропозиції у тому сенсі, що точки спостереження зазвичай розміщені поза теоретично адекватними кривими попиту та пропозиції, порушуючи деякі властивості цих кривих, наприклад напрям їх опуклості. Тоді побудова на основі даних спостереження кривих (функцій) попиту та пропозиції навіть у найпростіших випадках ускладнюється, оскільки «згладжені» дані повинні задовольняти усі вимоги до цих кривих. Саме цій проблемі, а точніше – моделюванню функцій (кривих) попиту та пропозиції з наперед відомими властивостями і присвячена ця праця, яка ідейно розвиває деякі результати авторів щодо побудови функціональних моделей [13-15].

Виклад основного матеріалу. Розкриємо один із підходів до побудови функцій ринкового попиту та ринкової пропозиції. При цьому під функцією попиту будемо розуміти залежність обсягу продажів, а під функцією пропозиції – залежність обсягу пропозиції певного товару (блага) від його ціни на досконалому ринку. Інакше кажучи, нижче йтиметься про класичні поняття функцій попиту та пропозиції, властивості яких впливають із загальновідомих економічних законів попиту та пропозиції, а також із деяких особливостей процесів споживання та продукування товару. Зміст зазначених законів і особливостей полягає у тому, що зі зростанням ціни попит спадає, а пропозиція зростає, причому швидкість спадання попиту зростає, а швидкість зростання пропозиції спадає. Якщо p – ціна товару (блага), $\varphi = \varphi(p)$ – функція попиту, $\psi = \psi(p)$ – функція пропозиції, то це означає, що йдеться про монотонне спадання та опуклість (опуклість вниз) функції φ та монотонне зростання та угнутість (опуклість вгору) функції ψ .

Перелічені вище властивості функцій попиту та пропозиції обов'язково потрібно зберегти у випадку їх побудови на основі реальної інформації про ринок товару, тобто інформації, яка у випадку спостереження за попитом і пропозицією конкретизується масивами даних $(p_t, \hat{\varphi}_t)$ і $(p_t, \hat{\psi}_t)$ ($t = \overline{1, \tau}$), де t – поточний, τ –

кінцевий моменти (періоди) спостереження ($p_1 < p_2 < \dots < p_\tau$). Дуже важливо, щоб спостережувані значення $p_t, \hat{\varphi}_t, \hat{\psi}_t$ ($t = \overline{1, \tau}$) були адекватними, тобто були отримані за обґрунтованою методикою проведення спостережень, стосувалися тільки ринку досліджуваного товару чи групи товарів тощо. Але навіть тоді, коли спостереження грамотно організовані та проводяться досвідченими фахівцями у цій сфері, уникнути похибок системного чи випадкового характеру часто не вдається у зв'язку з тим, що закони ринку у реальній ситуації проявляють свою миттєву чи короточасну нестійкість, яка також є причиною деякого викривлення результатів спостереження. Тому як уточнені вище, так і інші можливі причини часто призводять до того, що зафіксовані значення $\hat{\varphi}_t$ чи $\hat{\psi}_t$ ($t = \overline{1, \tau}$) не будуть значеннями спадної опуклої чи зростаючої угнутої функцій. Це означає, що побудова функцій попиту $\varphi = \varphi(p)$ та пропозиції $\psi = \psi(p)$ на основі даних спостереження буде задачею не безумовної, а умовної апроксимації. При цьому апроксимуюча (згладжуюча) крива повинна максимально «близько» проходити біля кожної із точок спостереження у сенсі вибраного критерію «близькості», який повинен враховувати усю сукупність точок спостереження, що власне кажучи і потрібно враховувати у відповідних моделях умовної апроксимації.

Приступимо до опису формалізованої частини цієї праці. Насамперед уточнимо, що шукані точки (p_t, φ_t) та (p_t, ψ_t) ($t = \overline{1, \tau}$), які відповідно є певними наближеннями точок $(p_t, \hat{\varphi}_t)$ та $(p_t, \hat{\psi}_t)$ ($t = \overline{1, \tau}$), будемо вважати вершинами неперервних ламаних ліній, які легко проілюструвати графічно на площині координат, осі якої характеризують ціну та попит (пропозицію). Щоб ламана $\varphi = \varphi(p)$ спадала та була опуклою, достатньо виконання умов

$$\frac{\varphi_\tau - \varphi_{\tau-1}}{p_\tau - p_{\tau-1}} \leq -\varepsilon_{\tau-1}, \quad (1)$$

$$\frac{\varphi_{t+2} - \varphi_{t+1}}{p_{t+2} - p_{t+1}} \geq \frac{\varphi_{t+1} - \varphi_t}{p_{t+1} - p_t} + \varepsilon_t, \quad t = \overline{1, \tau - 2}, \quad (2)$$

де $\varepsilon_t (t = \overline{1, \tau - 1})$ – задані достатньо малі додатні величини, наявність яких формує на основі співвідношень (1), (2) замкнену допустиму множину для значень $\varphi_t (t = \overline{1, \tau})$. За критерій «близькості» між спостережуваними та шуканими значеннями попиту візьмемо зважену суму квадратів їх відхилень, тобто суму

$$S_\varphi(\varphi_1, \dots, \varphi_\tau) = \sum_{t=1}^{\tau} k_t (\varphi_t - \hat{\varphi}_t)^2, \quad (3)$$

де $k_t (t = \overline{1, \tau})$ – ваговий коефіцієнт або міра значущості спостережуваного значення $\hat{\varphi}_t$ у момент t .

Тоді з урахуванням (1)-(3) побудова ламаної кривої попиту фактично зводиться до розв'язування задачі

$$\begin{cases} S_\varphi(\varphi_1, \dots, \varphi_\tau) \rightarrow \min, \\ (\varphi_1, \dots, \varphi_\tau) \in D_\varphi, \end{cases} \quad (4)$$

у якій D_φ – це множина сукупностей значень $(\varphi_1, \dots, \varphi_\tau)$, що задовольняють умови (1), (2).

Аналогічний підхід можна запропонувати для моделювання на основі спостережуваних точок $(p_t, \hat{\psi}_t) (t = \overline{1, \tau})$ неперервної кусково-лінійної функції пропозиції із описаними вище властивостями, зокрема функції, графіком якої є монотонно зростаюча та угнута ламана. Умови, які забезпечують зростання та угнутість ламаної $\psi = \psi(p)$, мають вигляд:

$$\frac{\psi_\tau - \psi_{\tau-1}}{p_\tau - p_{\tau-1}} \geq \delta_{\tau-1}, \quad (5)$$

$$\frac{\psi_{t+2} - \psi_{t+1}}{p_{t+2} - p_{t+1}} \leq \frac{\psi_{t+1} - \psi_t}{p_{t+1} - p_t} - \delta_t, \quad t = \overline{1, \tau - 2}, \quad (6)$$

де δ_t як і ε_t ($t = \overline{1, \tau - 1}$) – деякі задані додатні величини, що набувають близьких до нуля значень.

Якщо через D_ψ позначити описану співвідношеннями (5), (6) допустиму множину сукупностей значень $(\psi_1, \dots, \psi_\tau)$, а через $S_\psi(\psi_1, \dots, \psi_\tau)$ – зважену суму квадратів відхилень між спостережуваними та шуканими значеннями пропозиції, тобто суму

$$S_\psi(\psi_1, \dots, \psi_\tau) = \sum_{t=1}^{\tau} \tilde{k}_t (\psi_t - \hat{\psi}_t)^2, \quad (7)$$

у якій кожний з коефіцієнтів \tilde{k}_t є оцінкою вагомості спостережуваного значення $\hat{\psi}_t$, то задача побудови ламаної кривої пропозиції формалізується так:

$$\begin{cases} S_\psi(\psi_1, \dots, \psi_\tau) \rightarrow \min, \\ (\psi_1, \dots, \psi_\tau) \in D_\psi. \end{cases} \quad (8)$$

Щодо задач (7) та (8) зауважимо, що, по-перше, критеріальні або цільові функції (3) і (7) можуть бути замінені іншими, якщо є обґрунтовані підстави відносно такої зміни, а, по-друге, ці задачі є задачами квадратичного програмування, тому їх розв'язування на практиці не викликає жодних проблем у плані алгоритмічного чи програмного забезпечення.

Коротко зупинимось також на уточненні стану рівноваги у випадку, коли криві попиту та пропозиції побудовані у спосіб, викладений вище. Оскільки лінійна ланка кривої $\varphi = \varphi(p)$, яка проходить через вершини (p_t, φ_t) та (p_{t+1}, φ_{t+1}) ($t = \overline{1, \tau - 1}$) належить прямій

$$\varphi = \varphi_t + \frac{\varphi_{t+1} - \varphi_t}{p_{t+1} - p_t} (p - p_t),$$

а лінійна ланка кривої $\psi = \psi(p)$, яка проходить через вершини (p_t, ψ_t) та (p_{t+1}, ψ_{t+1}) – прямій

$$\psi = \psi_t + \frac{\psi_{t+1} - \psi_t}{p_{t+1} - p_t} (p - p_t),$$

то точка перетину цих прямих має координати:

$$p^* = p_t + \frac{(\psi_t - \varphi_t)(p_{t+1} - p_t)}{(\varphi_{t+1} - \varphi_t) - (\psi_{t+1} - \psi_t)}, \quad (9)$$

$$\varphi^* = \psi^* = \frac{\varphi_{t+1}\psi_t - \varphi_t\psi_{t+1}}{(\varphi_{t+1} - \varphi_t) - (\psi_{t+1} - \psi_t)}. \quad (10)$$

Отже, рівноважні ціна та попит і пропозиція визначаються за формулами (9) та (10). При цьому потрібно зауважити, що визначення рівноважних значень ціни та попиту і пропозиції згідно із (9), (10) можливе лише тоді, коли відомо, що $p^* \in [p_t, p_{t+1}]$. Це насправді означає, що спочатку необхідно відокремити значення p^* , тобто вказати відрізок $[p_t, p_{t+1}]$, який містить p^* . Таке уточнення відрізка $[p_t, p_{t+1}]$ можна здійснити різними способами, зокрема, побудувавши графічні ілюстрації кривих $\varphi(p)$ і $\psi(p)$, або знайшовши для кожного t різниці $(\varphi_t - \psi_t)$ (зміна знаку різниць $(\varphi_t - \psi_t)$ і $(\varphi_{t+1} - \psi_{t+1})$ свідчить про те, що відрізок $[p_t, p_{t+1}]$ знайдений).

Підкреслимо, що побудовані криві $\varphi(p)$ та $\psi(p)$ є основою для моделювання гладких функцій попиту та пропозиції, які задовольняють класичні вимоги.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі. Підходи до побудови функцій попиту та пропозиції, які запропоновані у цьому дослідженні, можуть успішно використовуватися також у процесах моделювання багатьох інших класів функцій економічної поведінки, наприклад виробничих функцій, функцій витрат і ін. Необхідність у цих підходах найперше пов'язана з неповною відповідністю статистичної інформації характеристикам чи властивостям об'єктів дослідження. Порушення такої відповідності є причиною як похибок вимірювання чи спостереження за поведінкою досліджуваних явищ, процесів тощо, так і не зовсім точним проявом економічних

закономірностей на практиці в умовах випадкового та нечіткого впливу середовища. Урахування цих умов призводить до певних ускладнень як інструментарію дослідження, так і формалізації його результатів. У контексті розвитку викладених у цій праці теоретичних і прикладних аспектів моделювання ринкового попиту та пропозиції і відповідного стану рівноваги потрібно підкреслити, що наявне на сьогодні програмне забезпечення не лише сприяє проведенню аналогічних досліджень, але й відкриває нові перспективи у даному напрямку, особливо ті, що пов'язані з розробкою методології умовного згладжування статистичних даних, характерних для економіки.

Список використаних джерел:

1. Рощина Н. В. Особливості формування попиту на пропозиції на ринку ресурсів. *Економічний вісник НТУУ «КПІ»*. 2015. №12. С.13-19.
2. Шаповалов В. В. Теоретичне дослідження категорії ринку праці. *Економіка і суспільство*. 2016. №5. С. 122-125.
3. Корній О. П., Качмар С. А. Маркетинговий аналіз попиту та пропозиції на ринку праці України. *Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення та проблеми розвитку*. 2021. Випуск 3. №2(6). С. 181-192.
4. Савченко, Т., Родіна, О. Еволюція поняття «ринок» у контексті розширення його функцій. *Підприємництво та інновації*. 2022. №24. С. 103-107.
5. Stebliuk, N. F. and Kuzmenko, N. V. Research of consumer demand in the market of educational services of Dnipropetrovsk region. *Economies' Horizons*. 2020. No. 3(14). Pp. 64-71.
6. Андрейшина Н. Б. Концептуальний підхід щодо моделювання рівноваги попиту на пропозиції методами динаміки. *Електронний журнал «Ефективна економіка»*. 2013. №11.
7. Андрейшина Н. Б. Аналіз сучасних підходів до моделювання економічної динаміки. *Інвестиції: практика та досвід*. 2015. №7. С. 96-99.
8. Скворцов І. Б., Балик У. О. Моделювання функцій попиту і пропозиції на ринку монополістичної конкуренції. *Економіка та держава*. 2009. №5. С. 25-28.
9. Валінкевич Н. В., Солонінко К. С., Щехорський А. Й. Принцип раціональності в економіко-математичному моделюванні попиту. *«Вісник ЖДТУ»: економіка, управління та адміністрування*. 2019. №2(88). С. 3-10.
10. Білоусова Т. П. Математична модель оптимального ринку. *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка*. 2021. № 8. С. 70-75.
11. Білоусова Т. П. Математичне моделювання ринку трьох товарів в умовах лага постачання. *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка*. 2022. №11. С. 108-113.
12. Білоусова Т. П. Математична модель ринку одного товару з оптимальним постачанням товару на ринок в умовах запізнення. *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка*. 2022. №13. С. 209-214.
13. Григорків В. С. Моделювання економіки : підручник. Чернівці : Чернівецьк. нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2019. 360 с.
14. Григорків В. С., Григорків М. В. Моделі прийняття рішень в економіці : навч. посібник. Чернівці : Чернівец. нац. ун-т, 2021. 256 с.
15. Григорків В. С., Григорків М. В. Моделі еколого-економічних функцій як інструментарій підтримки прийняття рішень у ринковій економіці. *Вісник Чернівецького торговельно-економічного інституту*. Чернівці : ЧТЕІ КНТЕУ, 2021. Вип. І(81). Економічні науки. С. 102-114.

References:

1. Roschyha, N.V. (2015). Peculiarities of the formation of demand for supply on the resource market. *Ekonomichnyj visnyk NTUU «KPI» [Economic bulletin of NTUU "KPI"]*, no. 12, pp. 13-19 (in Ukr.).
2. Shapovalov, V.V. (2016). Theoretical study of the labor market category. *Ekonomika i suspil'stvo [Economy and society]*, no. 5, pp. 122-125 (in Ukr.).
3. Kornij, O.P., Kachmar, S.A. (2021). Marketing analysis of supply and demand in the labor market of Ukraine. *Menedzhment ta pidpriemnytstvo v Ukraini: etapy stanovlennia ta problemy rozvytku [Management and entrepreneurship in Ukraine: stages of formation and problems of development]*, vol. 3, no. 2(6), pp. 181-192 (in Ukr.).
4. Savchenko, T., Rodina, O. (2022). The evolution of the concept of "market" in the context of expanding its functions. *Pidpriemnytstvo ta innovatsii [Entrepreneurship and innovation]*, no. (24), pp. 103-107 (in Ukr.).
5. Stebliuk, N.F. and Kuzmenko, N.V. (2020). Research of consumer demand in the market of educational services of Dnipropetrovsk region. *Economies' Horizons [Economies' Horizons]*, no. 3 (14), pp. 64-71.
6. Andrejshyna, N.B. (2013). A conceptual approach to modeling supply-demand balance using dynamics methods. *Efektyvna ekonomika [Efficient Economy]*, no. 11 (in Ukr.).
7. Andrejshyna, N.B. (2015). Analysis of modern approaches to modeling economic dynamics. *Investytsii: praktyka ta dosvid [Investments: practice and experience]*, no. 7, pp. 96-99 (in Ukr.).
8. Skvortsov, I.B., Balyk, U.O. (2009). Modeling of supply and demand functions in the market of monopolistic competition. *Ekonomika ta derzhava [Economy and the state]*, no. 5, pp. 25-28 (in Ukr.).
9. Valinkevych, N.V., Soloninko, K.S., Schekhors'kyj, A.J. (2019). The principle of rationality in economic and mathematical modeling of demand. «*Visnyk ZhDTU»: Ekonomika, upravlinnia ta administruvannia [Zhdtu Bulletin]: economics, management and administration*], no. 2(88), pp. 3-10 (in Ukr.).
10. Bilousova, T.P. (2021). Mathematical model of the optimal market. *Tavrijs'kyj naukovyj visnyk. Serii: Ekonomika [Taurian Scientific Herald. Series: Economy]*, no. 8, pp. 70-75 (in Ukr.).
11. Bilousova, T.P. (2022). Mathematical modeling of the market of three goods in conditions of supply lag. *Tavrijs'kyj naukovyj visnyk. Serii: Ekonomika [Taurian Scientific Herald. Series: Economy]*, no. 11, pp. 108-113 (in Ukr.).
12. Bilousova, T.P. (2022). Mathematical model of the market of one product with optimal delivery of the product to the market under conditions of delay. *Tavrijs'kyj naukovyj visnyk. Serii: Ekonomika [Taurian Scientific Herald. Series: Economy]*, no. 13, pp. 209-214 (in Ukr.).
13. Hryhorkiv, V.S. (2019). *Modeliuvannia ekonomiky [Modeling of the economy]*. Chernivtsi, 360 p. (in Ukr.).
14. Hryhorkiv, V.S., Hryhorkiv, M.V. (2021). *Modeli pryjniattia rishen' v ekonomitsi [Decision-making models in the economy]*. Chernivtsi, 256 p. (in Ukr.).
15. Hryhorkiv, V.S., Hryhorkiv, M.V. (2021). Models of ecological and economic functions as tools of decision supporting in the market economy. *Visnyk Chernivets'koho torhovel'no-ekonomichnoho instytutu [Bulletin of the Chernivtsi Trade and Economic Institute]*. Chernivtsi, Vyp. I(81). Ekonomichni nauky. Pp. 102-114 (in Ukr.).