

ЗАСТОСУВАННЯ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ОБҐРУНТУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ РІШЕНЬ В СФЕРІ ЦІНОУТВОРЕННЯ

Прокопенко М.В., старший викладач

Деділова Т.В., канд. екон. наук, доцент

Токар І.І., асистент

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Постановка проблеми. Як показує набутий за роки незалежності та впровадження ринкової економіки досвід, доволі багато товарів (особливо сфери харчової промисловості) швидко втрачають свою економічну цінність через поступове моральне фізичне погіршення, таке як швидкий плин моди, поява нових моделей та зміна рівня якості плином часу. Крім того, знецінення цих товарів призводить до утворення відходів, утилізація яких потребує нових витрат. Ринок актуальних товарів є висококонкурентним, оскільки популярні товари, особливо повсякденного вжитку, які становлять значну частку продажів, є для ритейлерів засобом диференціації від конкурентів.

У представленій статті ми розглянемо практичну реалізацію стратегії автоматичного ціноутворення та поповнення запасів з урахуванням змінного фактора часу на основі покращеної гібридної моделі SVR- LSTM ARIMA. Якщо ціну продажу і собівартість можна розрахувати, використовуючи категорії як одиниці, можна отримати співвідношення ціни «собівартість плюс ціна». Тоді ми можемо зіставити загальний обсяг продажів з ціновим співвідношенням «витрати плюс» за допомогою методу найменших квадратів.

Практичний розрахунок показує, що умови сильної лінійної кореляції не задовольняються, тому для підгонки за кінцевими результатами використовується метод непараметричної регресії опорних векторів (SVR). Для прогнозування на середній термін, враховуючи дані за останні 30 днів, періодична часова інформація прогнозується за допомогою довгострокової та короткострокової рекурентної нейронної мережі та попередніх знань для зважування, виходячи з припущення, що зв'язок між попитом та пропозицією на товари та послуги забезпечений. Співвідношення «витрати плюс» розраховується за допомогою вищезгаданої навченої SVR-моделі таким чином, щоб максимізувати вигоду.

Якість та різноманітність товарів стали вирішальними факторами для отримання замовлень від споживачів, які зараз мають високі вимоги до якості та побутових характеристик продукції. Щоб забезпечити належний рівень якості, створено багаточислені «автоматизовані стратегії ціноутворення та поповнення товарних запасів. Беручи до уваги вплив кількості та ціни товарів на виробничий та операційний процес ритейлерів, необхідно ретельно вивчати та

удосконалювати стратегії автоматичного ціноутворення з застосування передових економіко-математичних методів.

Зазначеним вище доводиться актуальність проблеми та необхідність докладного дослідження даного питання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вирішення зазначеної проблеми потребує вивчення теорії та практики прикладних економіко-математичних методів обґрунтування політики ціноутворення на продукцію підприємства, а також практичних аспектів з точки безпосередніх реалізаторів та ринкових умов.

Проблемам, пов'язаним з теоретичними та практичними аспектами підвищення ефективності системи ціноутворення присвячено багато досліджень вітчизняних і зарубіжних авторів. Серед них такі відомі зарубіжні дослідники як А. Сміт., К. Маркс, Ж-Ж Ламбен, Д. Рікардо, П. Самуельсон, Ф. Котлер та інші видатні вчені [1].

Питання в області теорії і практики оцінки конкурентоспроможності підприємств висвітлювали в працях С. Покропивний, М. Олійник, О. Дубовська, О. Андрусь, А. Завіновська, Е. Голубков, Т. Костишина, П. Шуляк, А. Селезньов, Н. Тимофеева та ін. [2–3].

Вітчизняні та закордонні вчені внесли значний вклад в теорію та практику методик ціноутворення на продукцію підприємства, але питання використання систем автоматичного ціноутворення у цьому аспекті майже не розглядалися.

Таким чином численні аспекти управління процесом підвищення ефективності та обґрунтування управлінських рішень в системі ціноутворення вивчені недостатньо і є перспективним напрямом наукових досліджень.

Невирішені складові загальної проблеми. Набутий теоретико-практичний досвід доводить, що у плануванні майбутніх стратегій оптимізації структури категорій цін, зниженні рівня втрат, підвищенні прибутковості та якості обслуговування практично не використовуються системи автоматичного ціноутворення. Зокрема, втрачається можливість прийняття обґрунтованих управлінських рішень щодо співвідношення «витрати-плюс» для кожної категорії товарів та послуг (продукції підприємства).

Для успішного аналізу та розробки шляхів вирішення цього завдання необхідно повною мірою використати зарубіжний і вітчизняний досвід, розробити принципово нові методологічні та економіко-статистичні підходи до побудови системи ціноутворення та прийняття обґрунтованих організаційних рішень.

Формування цілей статті. Мета дослідження полягає в розробці теоретичних та методичних положень щодо підвищення ефективності прийняття та обґрунтування організаційних рішень в сфері ціноутворення за допомогою застосування сучасних економіко-статистичних методів прогнозування та моделювання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Автоматизовані стратегії ціноутворення та поповнення запасів — це алгоритмічні маркетингові стратегії, що базуються на даних і спрямовані на максимізацію доходів і прибутків, які автоматично коригують стратегії поповнення запасів на основі рівня і тенденцій продажів, а також багатьох інших чинників. Стратегії автоматично розраховують

оптимальний обсяг і час поповнення, аналізуючи дані про продажі та прогножуючи майбутній попит, щоб забезпечити достатню пропозицію виробленої підприємством продукції, уникаючи при цьому надлишкових запасів і втрат. Автоматичне ціноутворення та стратегії поповнення товарів відіграють дуже важливу роль у роботі підприємств будь-яких виробничих потужностей (розмірів) та форм власності [4].

Розглянемо максимальні та мінімальні екстремуми математичної оптимізації. Умови, які необхідно виконати, є наступними:

1. Забезпечити задоволення ринкового попиту на різні категорії визначеної продукції.
2. Термін реалізації коригується з урахуванням рівня попиту.
3. Середня кількість замовлення кожного окремого продукту перевищує бар'єр збитковості.
4. Загальний виграш максимізується.

Проведемо багатоцільове планування та оптимальне оцінювання цих чотирьох задач. На основі стратегії оптимального алгоритму в «кейс» поміщається якомога більше елементів з вищим питомим прибутком. Якщо кейс не заповнений або занадто повний, ця ситуація виправляється шляхом «відкату» назад.

Для вирішення вищезазначених завдань для дослідження стратегії автоматичного ціноутворення та поповнення були обрані та проаналізовані дані продажів циклічних та нециклічних типів товарів за допомогою автоматичного ціноутворення в реальному часі.

На основі цього аналізу можна змодельовати та розробити стратегію автоматичного ціноутворення та поповнення запасів з урахуванням змін у часовому просторі.

1. Модель SVR.

Регресія опорних векторів (SVR) має на меті знайти лінію, яка може зробити всі точки якомога ближчими до неї, щоб зробити прогнози щодо даних. Оскільки відповідні дані в цій статті не задовольняють умові сильної лінійної кореляції, нам потрібно використовувати непараметричні методи регресії опорних векторів (SVR), щоб підігнати їх під відповідні дані [5].

Модель SVR створює «рознесені смуги» по обидва боки лінійної функції; простір між «рознесеними смугами» становить ϵ (це значення часто задається емпірично); втрати обчислюються не для всіх вибірок, які потрапляють у рознесені смуги, тобто тільки опорний вектор впливає на свою функціональну модель; і, нарешті, оптимізована модель отримується шляхом мінімізації загальних втрат і максимізації просторового інтервалу.

Довга короткочасна пам'ять (LSTM) — це тип тимчасової рекурентної нейронної мережі. LSTM спеціально розроблена для вирішення проблеми довгострокової залежності загальних RNN (рекурентних нейронних мереж), і всі RNN мають ланцюгову форму повторюваних нейромережеских модулів [6].

2. Модель ARIMA.

Модель ARIMA намагається виділити закономірності часових рядів, прихованих в даних за допомогою автокореляції та диференціації, а потім

використовує ці закономірності для прогнозування майбутніх продаж. Ми використовуємо модель ARIMA для прогнозування цін на наступний період, використовуючи минулі статистичні дані.

ARIMA-моделі включають моделі авторегресії (AR) та моделі ковзного середнього (MA). Модель AR описує взаємозв'язок між поточними та лаговими значеннями і використовує дані для прогнозування майбутніх значень. Модель MA використовує лінійну комбінацію минулих залишкових членів для спостереження за майбутніми залишками [7].

Певна категорія товарів обирається як досліджувана і розраховується співвідношення "витрати-плюс" для кожної категорії продукції. Проводиться кореляційний аналіз із загальним обсягом продажів і отримується непараметрична крива зв'язку за допомогою регресії на основі опорних векторів для нелінійної підгонки.

Рекурентна нейронна мережа з «довгою» та «короткою» пам'яттю використовується для прогнозування обсягу продажів, а стратегія ціноутворення розраховується на основі отриманої кривої. Крім того, встановлюється кореляція між рівнем втрат і терміном реалізації, коригується показник середньоденного обсягу продажів, а також вирішується проблема кількості та категорії поповнення запасів за допомогою підходу до задачі про кейс. Враховуючи численні обмеження, отримано кількісний обсяг поповнення категорій та стратегію ціноутворення [8].

SVR-модель створює «рознесений інтервал» по обидва боки лінійної функції; простір між «рознесеними інтервалами» дорівнює ϵ (це значення часто задається емпірично); втрати обчислюються не для всіх вибірок, які потрапляють у рознесений інтервал, тобто тільки опорний вектор впливає на свою модель функції; і, нарешті, оптимізована модель отримується шляхом мінімізації загальних втрат і максимізації інтервалу простору.

Існують також деякі відмінності між SVR моделлю та традиційною моделлю загальної лінійної регресії, і ці відмінності в основному відображаються в наступному:

– у SVR-моделі збиток обчислюється тоді і тільки тоді, коли абсолютна величина різниці між y і $f(x)$ та y більша за ϵ , тоді як у загальній лінійній моделі збиток обчислюється доти, доки $f(x)$ та y не є рівними;

– методи оптимізації цих двох моделей відрізняються, у SVR-моделі модель оптимізується шляхом максимізації ширини рознесеної смуги та мінімізації втрат, тоді як у моделі загальної лінійної регресії модель оптимізується за середнім значенням після градієнтного спуску [9].

При цьому, з одного боку ми дбаємо про те, щоб підприємець мав найбільшу виручку. З іншого боку, задоволення купівельного попиту є першочерговим завданням. Якщо сліпо гнатися за вищою нормою прибутку, що призводить до недостатньої або надлишкової виробничої площі, виникають більші побічні ефекти, такі як недостатня місткість складів і нездатність задовольнити споживчі потреби споживачів. Ці ефекти зменшують рівень середньоочікуваної

лояльність споживачів і у перспективі можуть призвести до остаточної втрати клієнтів.

Оскільки ціни мають періодичний характер, моделі часових рядів також можна використовувати для прогнозування.

Часові ряди (ARIMA), або авторегресійне цілочисельне ковзне середнє - це модель статистичного аналізу, яка використовує дані часових рядів для прогнозування майбутніх тенденцій. Основна ідея ARIMA полягає в тому, що послідовність даних, сформована прогнозами, розглядається як випадкова послідовність у часі, і модель може бути використана для наближеного опису цієї послідовності. Після того, як цей ряд визначено, модель може передбачити майбутні значення на основі минулих і теперішніх значень часового ряду. За допомогою цієї моделі в даній роботі робиться спроба спрогнозувати майбутню ціну за одиницю товару, базуючись лише на даних про ціну за одиницю товару за поточний місяць.

Для часового ряду цін q за допомогою моделі ARIMA використовуються минулі дані, щоб зробити простий прогноз цін на наступний день. Таким чином оптимізовано стратегію прийняття управлінських рішень таким чином, щоб вона могла переміщувати сітку «цін» на основі прогнозів, отриманих за допомогою ARIMA. Безпосередньо в моделі рух сітки визначається зважуванням і підсумовуванням довгострокових індикаторів в MA і короткострокових індикаторів в моделі ARIMA [10].

Переваги вищеперерахованих моделей ціноутворення.

Зазначені моделі не додають занадто багато попередніх припущень до вихідних даних, а також не додають і не видаляють занадто багато факторів з вихідних даних після ретельної попередньої обробки та виявлення і підтвердження відхилень. Це забезпечує різноманітність і достовірність даних, що дає змогу отримати з них глибші характеристики і гарантувати точність наступних завдань та організаційних рішень.

Моделі не покладаються на штучну інженерію функцій, що забезпечує ефективність та надійність прогнозів.

Моделі відмовляються від лінійної схеми підбору, такої як метод найменших квадратів. Замість цього вони використовують метод підбору на основі машинного навчання, що допомагає отримати кращі результати в нелінійних випадках.

Моделі оптимізують проблему кейсів за допомогою стратегії мінімакс і отримують кількісний обсяг поповнення категорії та цінову стратегію, яка належним чином задовольняє вимогам.

Висновки з проведеного дослідження. Вдосконалена гібридна модель SVR-LSTM-ARIMA може підвищити ефективність прийняття організаційних рішень щодо короткострокових, довгострокових, сезонних та циклічних цін виходячи з статистичних даних галузі. Майбутні значення цін можна спрогнозувати на основі минулих і теперішніх значень часового ряду, виходячи на прогноз майбутньої ціну за одиницю товару виключно на основі даних поточного періоду.

Отримана модель здатна максимально підтримувати цільову категорію цін певного кейсу виробів та послуг щоб задовольнити потреби клієнтів, досягти взаємної вигоди та забезпечити ефективне організаційне рішення для вирішення практичних проблем у сфері ціноутворення.

Перелік посилань

1. Артус М.М. Формування механізму ціноутворення в умовах ринкової економіки. Тернопіль : Економічна думка, 2019. 482 с.
2. Колесников О.В. Ціноутворення. Київ: Центр учбової літератури, 2017. 144 с.
3. Мармоза А.Т. Економічна статистика. Київ: Центр навчальної літератури, 2020. 602 с.
4. Должанський І.З., Загорна Т.О. Конкуреноспроможність підприємства: підручник. Київ: ЦНЛ, 2019. 384 с.
5. Верхоглядова Н.І. Основи ціноутворення. Київ: Кондор, 2018. 238 с.
6. Березін О.В. Управління ціноутворенням. Суми: Університетська книга, 2020. 182 с.
7. Шульга О.А. Ціноутворення. Київ : НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2017. 126 с.
8. Мазур О.Є. Ринкове ціноутворення. Київ: «Центр учбової літератури», 2021. 390 с.
9. Пінішко В.С. Ціни і ціноутворення. Львів: «Інтелект-Захід», 2019. 512 с.
10. Чекотовський Е. В. Статистичні методи. Київ: Знання, 2020. 191 с.

References

1. Artus, M.M. (2019). *Formation of the pricing mechanism in market economy conditions [Formuvannia mekhanizmu tsinoutvorennia v umovakh rynkovoї ekonomiky]*, Ternopil : Economic thought, 2019. 482 p.
2. Kolesnikov, O.V. (2017). *Pricing [Tsinoutvorennia]*, Kyiv : Center of educational literature, 144 p.
3. Marmoza, A.T. (2017). *Economic statistics [Ekonomichna statystyka]*, Kyiv : Center for educational literature, 602 p.
4. Dolzhansky, I.Z., Zagorna, T.O. (2019). *Competitiveness of the enterprise [Konkurentospromozhnist pidpryiemstva]*, Kyiv : TNL, 384 p.
5. Verhoglyadova, N.I. (2018). *Basics of pricing [Osnovy tsinoutvorennia]*, Kyiv : Kondor, 238 p.
6. Berezin, O.V. (2020). *Price management [Upravlinnia tsinoutvorenniam]*, Sumy: University Book, 182 p.
7. Shulha, O.A. (2017). *Pricing [Tsinoutvorennia]*, Kyiv: NPU M. P. Dragomanov, 126 p.
8. Mazur, O.Y. (2021). *Market Pricing [Rynkove tsinoutvorennia]*, Kyiv: Center of educational literature, 390 p.
9. Pinishko, V.S. (2019). *Prices and pricing [Tsiny i tsinoutvorennia]*, Lviv: Intellect-West, 512 p.

10. Chekotovsky, E.V. (2016). *Statistical methods [Statystychni metody]*, Kyiv: Znannia, 191 p.

РЕФЕРАТИ ABSTRACTS

УДК 346.6; JEL Classification: D 41

Прокопенко М.В., Деділова Т.В., Токар І.І. ЗАСТОСУВАННЯ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ОБҐРУНТУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ РІШЕНЬ В СФЕРІ ЦІНОУТВОРЕННЯ

Мета дослідження полягає у вивченні теоретичних аспектів процесу підвищення прибутку підприємства в сучасних ринкових умовах господарювання та розробки пропозицій щодо їх вдосконалення за рахунок застосування економіко-математичних методів обґрунтування організаційних рішень в сфері ціноутворення. **Методика дослідження.** Було застосовано статистичний аналіз, математичне допущення, задіяні середні, максимальні та граничні показники, прийоми SVR-LSTM-ARIMA аналізу даних, використано аналіз короткострокових, середньострокових, довгострокових, сезонних, циклічних та нерегулярних тенденцій, застосовано методи економетричного та статистичного моделювання. **Результати дослідження.** Основним завданням дослідження був аналіз та розробка рекомендацій щодо застосування сучасних економіко-статистичних методів в сфері ціноутворення та прийняття організаційних рішень. Результатом дослідження є доведена можливість використання гібридної моделі SVR-LSTM-ARIMA для підвищення ефективності прийняття організаційних рішень щодо політики ціноутворення на продукцію та послуги підприємства виходячи з статистичних даних галузі. **Наукова новизна.** Наукова новизна отриманих результатів полягає в аналізі та розробці теоретико – практичних засад вирішення проблеми підвищення ефективності та скорочення терміну прийняття організаційного рішення у сфері ціноутворення за допомогою гібридної моделі SVR-LSTM-ARIMA. Запропонована модель аналізу факторів ціноутворення дозволяє підвищити прибуток та конкурентоспроможність підприємства за рахунок оптимально-ефективної системи ціноутворення. **Практичне значення отриманих результатів.** Отримані результати даного дослідження дають можливість забезпечити достатній ринковий попит на різні категорії продукції з урахуванням цінової політики підприємства та ефективності прийняття організаційних рішень. Практична сторона дослідження дозволяє на основі розробленого підходу управління ціновою політикою підприємства за допомогою використання економіко-статистичних методів і моделей досягти максимального рівня прибутковості та сприяти зростанню загального рівня конкурентоспроможності.

Ключові слова: ціноутворення, математична модель, організаційне рішення, гібридна математична модель, математична статистика, економіко-математичне моделювання, прибуток підприємства.

UDC 336.6; JEL Classification: D 41

Prokopenko M.V., Dedylova T.V., Tokar I.I. APPLICATION OF ECONOMIC AND MATHEMATICAL METHODS FOR JUSTIFYING ORGANIZATIONAL DECISIONS IN THE FIELD OF PRICING

Purpose of the research is to study the theoretical aspects of the process of increasing enterprise profit in modern market conditions and to develop proposals for their improvement through the application of economic and mathematical methods for justifying organizational decisions in the field of pricing. *Methodology of research.* Statistical analysis, mathematical assumption, use of average, maximum, and marginal indicators, techniques of SVR-LSTM-ARIMA data analysis were applied, and short-term, medium-term, long-term, seasonal, cyclical, and irregular trends were analyzed, using methods of econometric and statistical modeling. *Findings.* The main task of the study was to analyze and develop recommendations for the application of modern economic and statistical methods in the field of pricing and organizational decision-making. The result of the study is the proven possibility of using the hybrid SVR-LSTM-ARIMA model to improve the efficiency of organizational decision-making regarding the pricing policy for the company's products and services based on industry statistical data. Scientific novelty. *Originality.* The scientific novelty of the obtained results lies in the analysis and development of theoretical and practical foundations for solving the problem of increasing the efficiency and reducing the time for making organizational decisions in the field of pricing using the hybrid SVR-LSTM-ARIMA model. The proposed model for analyzing pricing factors allows for an increase in profit and competitiveness of the enterprise through an optimally effective pricing system. *Practical value.* The obtained results of this study make it possible to ensure sufficient market demand for various categories of products, taking into account the company's pricing policy and the efficiency of organizational decision-making. The practical side of the study allows for achieving the maximum level of profitability and promoting the overall level of competitiveness based on the developed approach to managing the company's pricing policy using economic and statistical methods and models.

Keywords: pricing, mathematical model, organizational decision, hybrid mathematical model, mathematical statistics, economic and mathematical modeling, enterprise profit.

Відомості про авторів / About the Authors

Прокопенко Микола Вікторович — старший викладач кафедри економіки і підприємництва, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна; e-mail: nvprokopenko@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4839-0154>. Моб. (050) 633-76-28.

Prokopenko Mykola, Kharkov National Automobile and Highway University, Senior Teacher at the Department of Economics and Entrepreneurship, Kharkiv, Ukraine.

Деділова Тетяна Вікторівна — кандидат економічних наук, доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, доцент кафедри економіки і підприємництва, м. Харків, Україна; e-mail: dedilova@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3924-979X>. Моб. (050) 281-83-28.

Dedilova Tetiana — Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Kharkiv National Automobile and Highway University, Associate Professor, Department of Economics and Entrepreneurship, Kharkiv, Ukraine.

Токар Інна Іванівна — Харківський національний автомобільно-дорожній університет, асистент кафедри економіки і підприємництва, м. Харків, Україна; e-mail: tokar_innaiv@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5287-1751>. Моб. (050) 274-97-99.

Tokar Inna — Kharkiv National Automobile and Highway University, Assistant Professor, Department of Economics and Entrepreneurship, Kharkiv, Ukraine.