

УДК 519.654

Савранська А.В.¹, Шевчук М.В.²

1 доц. НУ «Запорізька політехніка»

2 асп. НУ «Запорізька політехніка»

ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОДАЖІВ З ВИКОРИСТАННЯМ РЯДІВ ФУР'Є ТА СІРИХ МОДЕЛЕЙ

Прогнозування продажів з яскраво вираженою сезонністю є важливою задачею для бізнесу, оскільки точність таких прогнозів безпосередньо впливає на ефективність управління запасами, маркетинговими стратегіями та плануванням ресурсів. Вибір методу прогнозування залежить від характеру даних, їх доступності та складності. Для простих сезонних коливань можуть підійти методи ковзного середнього або експоненціального згладжування. Для більш складних даних із сезонними та несезонними компонентами підходять моделі SARIMA, сірі моделі (Grey Models). Сірі моделі, такі як GM(1,1) або SFHGM(1,1), використовуються для прогнозування, коли дані мають обмежену кількість спостережень і сезонні коливання, ефективні в умовах невизначеності та для малих вибірок даних.

В роботі [1] було запропоновано алгоритм побудови прогнозу продажів для підприємств з яскраво вираженою сезонністю попиту за допомогою апроксимації часових рядів рядами Фур'є. Він, як і сірі моделі, є досить ефективним при створенні прогнозів на основі часових рядів з відносно невеликою кількістю даних та яскраво вираженою сезонністю.

Системи, в яких немає інформації про структуру, механізми роботи, називають сірими системами. Теорія сірих систем (Grey System) була вперше описана в 1982 році в роботі [2]. Теорія сірих систем [3] - це методи вивчення невстановлених проблем з невеликою кількістю даних та поганою інформацією. Часові ряди економічних систем найчастіше мають відносно невелику кількість інформації. Тому такі системи також можна вважати сірими. Основними задачами цієї теорії, зокрема, є задача перетворення невпорядкованих, необроблених даних у регулярні серії, шляхом генерування сірих даних, побудова диференціальної моделі замість різницевої, що використовує невелику кількість даних. Теорія сірих систем дозволяє кількісно оцінювати розпливчасті фактори, які часто використовуються для побудови середньострокових та короткострокових моделей прогнозування [4].

Система сірого прогнозування є важливою частиною сірої теорії. Сіре прогнозування - це метод прогнозування системи, яка містить певну невизначеність. Цей метод генерує регулярну послідовність даних, виявляючи відмінності в тенденціях.

Метою роботи є порівняння двох алгоритмів побудови прогнозу продажів: алгоритм, що ґрунтується на побудові рядів Фур'є та алгоритм, що оснований на використанні сірої моделі SFHGM(1,1), або Seasonal Fractional Grey Model (1,1), яка є розширенням класичної сірої моделі GM(1,1) та дробової сірої моделі FHGM(1,1). В моделі SFHGM(1,1) використовується ковзне середнє для усереднення двох або більше періодів вихідного часового ряду та заміни фактичного значення ряду середнім значенням для згладжування сезонних коливань [5].

Розглянемо два підходи до побудови прогнозу продажів в умовах яскраво вираженої сезонності та при відносно невеликій кількості даних: алгоритм, оснований на побудові рядів Фур'є [1] та моделі SFHGM(1,1) створення прогнозів на основі сірих моделей [5]. Для цього використаємо обсяги продажів реального торгівельного підприємства, яке виробляє трикоштовий одяг та здійснює його оптові продажі за 2020-2023 роки.

Порівняємо прогнози, що отримані за моделлю SFHGM(1,1), та за алгоритмом, викладеним в роботі [1] на основі даних, що були надані торговельним підприємством. На (Рис. 1) показано вихідний часовий ряд, який складається з 48 значень.

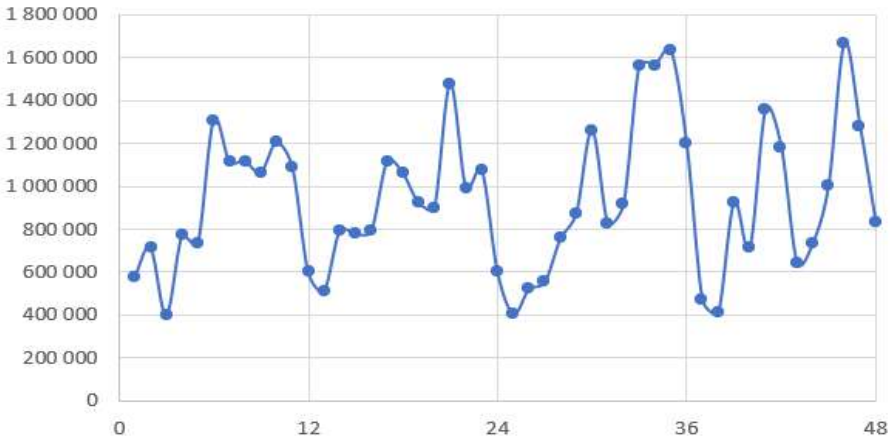


Рисунок 1 – Обсяг продажів торговельного підприємства за 2020-2023 рр. (грн)

Для цього ряду будуюмо прогнози двома способами: на базі моделі SFHGM(1,1) [5] та за допомогою алгоритму, оснований на побудові рядів Фур'є [1]. Результати цих прогнозів зображені на Рис. 2 і 3 відповідно.

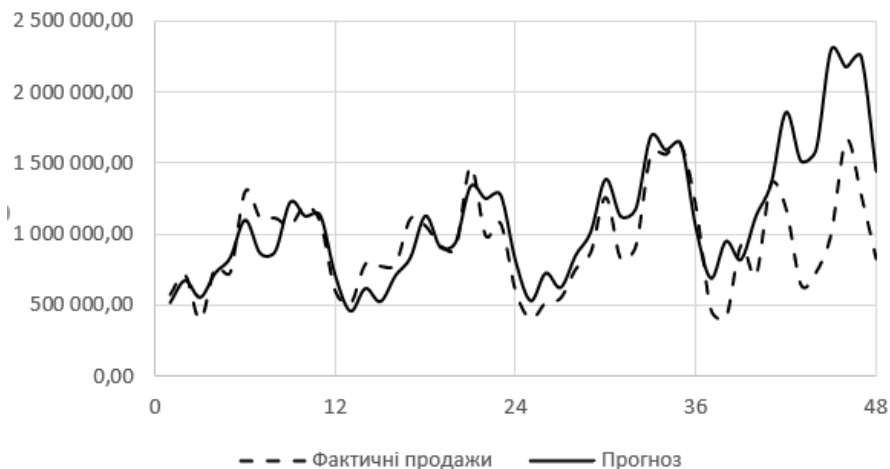


Рисунок 2 – Прогноз продажів торговельного підприємства за 2020-2023 рр., побудований на основі моделі SFHGM(1,1)

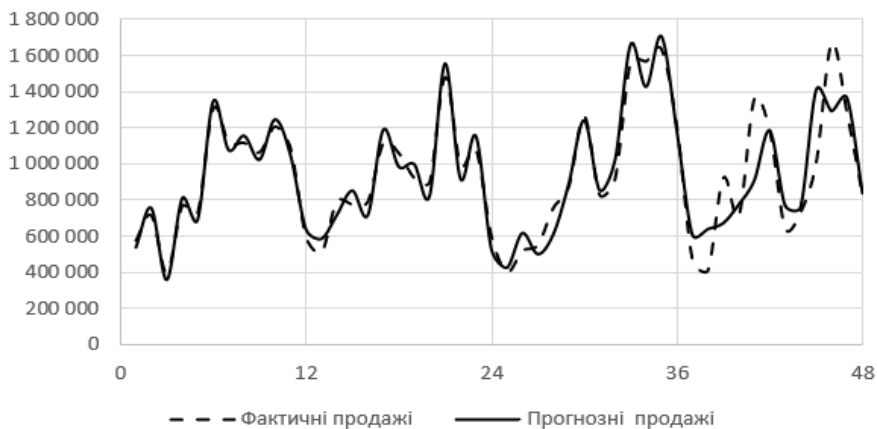


Рисунок 3 – Прогноз продажів торговельного підприємства за 2020-2023 рр., зроблений за алгоритмом, що ґрунтується на побудові рядів Фур'є

В якості критеріїв для порівняння моделей було обрано наступні види похибок: середня абсолютна похибка (MAE), середня відносна відсоткова похибка (MAPE), середньоквадратична похибка (RMSE). Результати порівняння викладені в Таб.1.

Таблиця 1 – Значення похибок прогнозів

Види похибок	Алгоритмом на основі рядів Фур'є	Модель SFHGM(1,1)
MAPE	10,5	20,17
MAE	90460	170521
RMSE	134716	207106

Аналізуючи дані Табл. 1 можна зробити висновок, що алгоритм, описаний в роботі [1] дає кращий результат, оскільки значення похибок є значно меншими ніж відповідні похибки для моделі SFHGM(1,1). Крім того з Рис.2 можна побачити, що прогнозні дані найбільше відрізняються від фактичних в останній рік досліджуваного періоду. Це відбувається тому, що при побудові прогнозу за моделлю SFHGM(1,1) використовувався тренд для всіх значень часового ряду. В роботі [1] було надано обґрунтування того, що цей тренд недоцільно використовувати для часових рядів, що описують процеси з яскраво вираженою сезонністю, оскільки тренди рядів, що починаються в різні місяці року, можуть принципово відрізнятися один від одного, незважаючи на те, що досліджується один і той самий ряд. При побудові прогнозу для таких рядів пропонується використовувати тренд, знайдений для річних значень продажів, що і було використано в алгоритмі, викладеному в роботі [1].

Метою подальших досліджень вважаємо вдосконалення алгоритму побудови прогнозу продажів шляхом поєднання двох методів, описаних в даній роботі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Савранська, А.; Шевчук, М. (2023). Прогнозування економічних показників торгівельного підприємства з урахуванням сезонності продажів. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*. 1. DOI: <https://doi.org/10.32782/IT/2024-1>
2. Deng Julong (1982a). Control problems of Grey Systems. *Sistems and Control Letters*, 5, 288-94.
3. Cao Yanying (1987). Modelling for grey forecasting of calamities in geography. *Youthgeogrphper*, 2, 6-11
4. D. Julong, "Introduction to grey system theory," *The Journal of grey system*, V. 1, no. 1, pp. 1–24, 1989.
5. Chen, Y., Wang, H., Li, S., Dong, R. A Novel Grey Seasonal Model for Natural Gas Production Forecasting. *Fractal Fract.* 2023, 7, 422. <https://doi.org/10.3390/fractalfract7060422>