

$$\hat{\Pi}_{1.10} = \Pi_{1.08} + (\overline{\Pi}_4 + \overline{\Pi}_5 + \overline{\Delta\Pi}_6 + \overline{\Pi}_7 + \overline{\Delta\Pi}_8 + \overline{\Pi}_9)$$

$$\hat{\Pi}_{1.10} = \Pi_{10.08} + (\overline{\Pi}_5 + \overline{\Delta\Pi}_6 + \overline{\Pi}_7 + \overline{\Delta\Pi}_8 + \overline{\Pi}_9)$$

$$\hat{\Pi}_{1.10} = \Pi_{20.08} + (\overline{\Delta\Pi}_6 + \overline{\Pi}_7 + \overline{\Delta\Pi}_8 + \overline{\Pi}_9) \text{ і т.д.}$$

Станом на 1.07 поточного року середня вага кореня буряку цукрового фабричного становила 36 г, а, очікувана вага кореня буряку станом на 1.10 буде складати:

$$\hat{\Pi} = 36 + (50 + 57 + 65 + 66 + 61 + 53 + 44 + 35 + 25) = 492 \text{ г.}$$

За результатами послідовних прогнозів ваги кореня буряку цукрового фабричного визначено прогнозні значення ваги кореня цукрового буряку. З врахуванням того, що фактичне значення ваги кореня цукрового буряку станом на 1.10 дорівнює 486 г, то розбіжність отриманих значень становила, відповідно, від $486 - 492 = -6$ г, або 1,22%, до $486 - 477 = 9$ г, або 1,9%.

Використовуючи екстраполяцію на основі аналітичних рядів динаміки у цукробуряковому виробництві можна прогнозувати загальну врожайність господарств, цукристість буряку, обсяги виробництва цукру тощо.

Література:

1. Кузьменко, С., & Мельниченко, В. (2024). Тенденції та перспективи розвитку ринку цукру України. Інноваційна економіка, №(2), 53-61. Отримано з <http://www.inneco.org/index.php/inneco.ua/article/view/1247>

2. Щербаківа, Т., & Шипнівська, А. (2024). Діагностика стану конкурентного середовища на ринку цукру. Економіка та суспільство, (62). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-62-167>

Липовецький Б.Г.

Електронна пошта: Bohdan.Lypovetskyi@hneu.net

Науковий керівник: д.е.н, професор Гур'янова Л.С.

Електронна пошта: guryanovalidiya@gmail.com

Харківський національний економічний університет імені С. Кузнеця

ВИКОРИСТАННЯ SARIMA МОДЕЛІ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ

ЕКСПОРТУ КОМП'ЮТЕРНИХ ПОСЛУГ

Lypovetskyi B.H.

**APPLICATION OF THE SARIMA MODEL FOR FORECASTING THE
EXPORT OF COMPUTER SERVICES**

У дослідженні розглянуто використання сезонної моделі авторегресії та ковзкого середнього для прогнозування обсягів експорту комп'ютерних послуг. Дослідження базується на статистичних даних НБУ про експорт комп'ютерних послуг у період з 2015 по 2024 рік. У роботі пропонується методичний підхід, заснований на побудові SARIMA моделі. Результати моделювання можуть стати основою для ефективного планування діяльності ІТ-сектора України та дозволять прогнозувати його внесок у національну економіку за різних ринкових умов.

22-23 листопада 2024 року, Львів

The study examines the use of the seasonal autoregressive moving average model for forecasting the export volumes of computer services. The research is based on National Bank of Ukraine (NBU) statistics on computer services exports from 2015 to 2024. The paper proposes an approach based on constructing a SARIMA model. The modeling results can serve as a basis for effective planning of Ukraine's IT sector activities and allow for forecasting its contribution to the national economy under various market conditions.

ІТ-послуги є важливим компонентом експорту для багатьох країн світу, зокрема для України. У 2022 році, незважаючи на сильне падіння економіки, ІТ-галузь продемонструвала стійкість, а обсяги експорту комп'ютерних послуг в окремі місяці досягали 48% від загального експорту послуг [1]. Зростаючий попит на комп'ютерні послуги у світі створює можливості для збільшення валютних надходжень до державного бюджету України. Тому аналіз і прогнозування експорту послуг ІТ-галузі є важливим для оцінки його внеску в економіку країни. Оскільки ІТ-галузь України є переважно експортноорієнтованою, то моделювання динаміки експорту комп'ютерних послуг дозволяє робити висновки про загальний стан цієї галузі.

Аналізом експорту ІТ-послуг в Україні займалися такі вчені, як В. М. Каскевич [2], О. В. Ключак [3]. Їх дослідження присвячені переважно вивченню теоретичних аспектів, що не дозволяє у повній мірі застосовувати їх для стратегічного планування. Тому математичне прогнозування обсягів експорту комп'ютерних послуг є важливим завданням для визначення потенціалу й ефективного планування діяльності ІТ-галузі України та національної економіки в цілому.

Одним із найпоширеніших інструментів для прогнозування часових рядів є моделі авторегресії та ковзкого середнього (ARMA-моделі), які дозволяють з високою точністю передбачати майбутні значення на основі минулих даних. Тому мета даного дослідження полягає у застосуванні моделей сімейства ARMA (ARIMA, SARIMA) для прогнозування обсягів експорту комп'ютерних послуг, що дозволить виявити основні тенденції та можливі сезони коливання в цій сфері. Таке дослідження може дати уявлення про потенціал майбутнього зростання ІТ-сектору країни та створити сценарії розвитку за різних ринкових умов.

Загальний алгоритм побудови ARIMA моделі включає такі етапи: перевірка часового ряду на стаціонарність, приведення часового ряду до стаціонарного виду шляхом дискретного диференціювання, розрахунок коефіцієнтів автокореляції та часткової автокореляції, оцінка параметрів моделі, перевірка моделі на адекватність. Тобто побудова ARIMA моделі для певного часового ряду полягає у виборі оптимальних значень параметрів p , d і q , де p - порядок авторегресії (AR), що визначає кількість попередніх значень для прогнозування, d порядок диференціювання, який вказує, скільки разів був диференційований ряд для досягнення стаціонарності, q – порядок компоненти ковзкого середнього (MA), що вказує на кількість попередніх значень помилок, які враховуються в моделі. У випадку наявності сезонності в часовому ряді в моделі також потрібно врахувати додаткові параметри P , D , Q та s , де P , D , Q – відповідно порядок авторегресії,

22-23 листопада 2024 року, Львів

порядок диференціювання та порядок компонентів ковзкого середнього сезонної компоненти з урахуванням періоду сезонності s . Така модель має назву SARIMA, а параметри цієї моделі можна записати як $SARIMA(p, d, q) \times (P, D, Q, s)$.

В якості вхідних даних для дослідження використано статистику зовнішньої торгівлі НБУ, а саме показник динаміки експорту комп'ютерних послуг по місяцях з початку 2015 року по вересень 2024 року [4]. В якості інструменту для аналізу та моделювання обрано бібліотеку statsmodels мови програмування Python. Первинний візуальний аналіз даних (рис. 1) демонструє, що експорт комп'ютерних послуг мав явну тенденцію росту до 2022 року, після чого відбувся різкий спад, який перетворився у помірний низхідний тренд.



Рис. 1. Динаміка експорту комп'ютерних послуг

Також на графіку можна помітити сезонність у даних. Так значення експорту в останньому місяці року завжди значно більші за значення попередніх періодів. Сезонний фактор добре видно після декомпозиції часового ряду на складові тренду, сезонності та залишків. Графіки цих компонент представлено на рисунку 2.

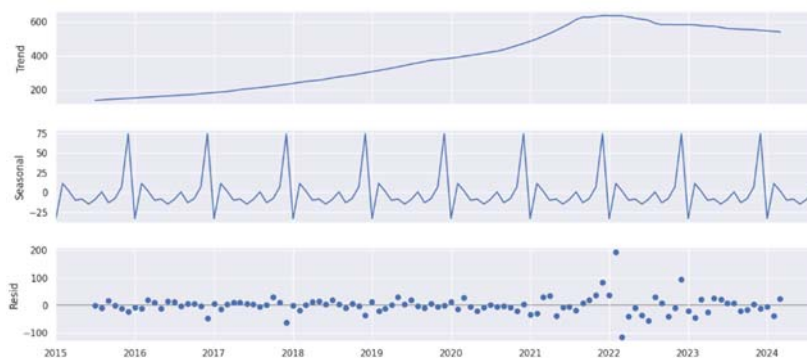


Рис. 2. Графіки декомпозиції часового ряду

Наявність тренду та сезонності в даних вказують на нестационарність часового ряду та необхідність приведення його до стаціонарного виду. Для більш точної перевірки на стаціонарність використаємо тест Дікі-Фуллера. Розрахункове значення тесту дорівнює $-1,18$, що вище критичного значення $-2,89$ для рівня значущості 95%, а p -значення дорівнює $0,68$. Це є підтвердженням того, що часовий ряд є нестационарним. Щоб привести дані до стаціонарного виду знадобилося двічі продиференціювати часовий ряд. Після цього отримане розрахункове значення для тесту Дікі-Фуллера дорівнює $-10,99$, що значно менше критичного значення, а

22-23 листопада 2024 року, Львів

р-значення близьке до нуля. Отже, параметре d для SARIMA моделі має дорівнювати 2.

Інші параметри моделі вирішено обрати перебором значень, і визначенням оптимального набору параметрів шляхом вибору вищого показника функції правдоподібності (Log Likelihood) та нижчого значення інформаційного критерія Акаїке (AIC) серед побудованих моделей. У результаті побудови моделей із різними параметрами обрано оптимальну модель з параметрами SARIMA(3, 2, [0,1])x(1,0,1,12). Значення функції правдоподібності цієї моделі дорівнює -600,313, та AIC – 1214.626. Оцінки параметрів моделі наведено на рисунку 3.

	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
ar.L1	-1.6611	0.127	-13.037	0.000	-1.911	-1.411
ar.L2	-0.9818	0.193	-5.092	0.000	-1.360	-0.604
ar.L3	-0.3174	0.118	-2.700	0.007	-0.548	-0.087
ma.L2	-0.9864	0.203	-4.856	0.000	-1.385	-0.588
ar.S.L12	0.9968	0.058	17.262	0.000	0.884	1.110
ma.S.L12	-0.9496	0.454	-2.091	0.037	-1.839	-0.060

Рис. 3. Оцінки параметрів моделі SARIMA(3, 2, [0,1])x(1,0,1,12)

Для оцінки прогнозної якості моделі розрахуємо модельні значення та порівняємо їх з фактичними за допомогою показника середньої абсолютної процентної помилки (MAPE). Значення MAPE дорівнює 7,93%, що є низьким показником. Тобто модель має високу прогнозну силу. Також для оцінки адекватності моделі проведено аналіз залишків. Залишки моделі розподілені за нормальним законом та не мають автокореляції. Дисперсія залишків є постійною, за виключенням шоків змінних у даних в результаті початку повномасштабної війни. Тому таку модель можна використовувати для прогнозування.

Графік прогнозних значень на наступні 6 місяців із рівнем значущості 95% представлено на рисунку 4.



Рис. 4. Прогноз обсягів експорту комп'ютерних послуг

Результати прогнозування показують, що динаміка експорту комп'ютерних послуг наступні 6 місяців залишиться на сталому рівні. Експорт комп'ютерних послуг у грудні 2024 року наблизиться до 600 млн. дол. США. Цей показник близький до минулорічного. Результати такого прогнозу підтверджують, що в ІТ-галузь залишається стійкою до воєнних шоків і здатна забезпечити стабільний притік валютних надходжень до державного бюджету на рівні двох попередніх

22-23 листопада 2024 року, Львів
років.

Література:

1. Експорт ІТ-послуг на початку 2023 року знизився на 16% - Асоціація "IT Ukraine". Асоціація "IT Ukraine". URL: <https://itukraine.org.ua/eksport-it-poslug-na-rochatku-2023-roku-znizivsya-na-16/> (дата звернення: 03.11.2024).
2. Каскевич В. М. Експорт послуг у сфері інформаційних технологій: можливості та виклики. *Наукові записки Львівського університету бізнесу та права*. 2024. № 41. С. 185–194.
3. Ключак О. В. Інноваційний розвиток експорту послуг України в умовах мирного та воєнного часу // Актуальні проблеми розвитку економіки регіону. -2022. - Вип. 18(1). - С. 157-168.
4. Статистика зовнішнього сектору. Зовнішня торгівля. *Національний банк України*. URL: <https://bank.gov.ua/ua/statistic/sector-external> (дата звернення: 03.11.2024).

Більчук Ю.П.

Електронна пошта: bilchuk_ak20@nuwm.edu.ua

Науковий керівник: к.е.н., доцент Бабич Т. Ю

Електронна пошта: t.iu.babych@nuwm.edu.ua

Національний університет водного господарства та природокористування

**КЛАСТЕРИЗАЦІЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ВИБОРУ ДИСЦИПЛІН
ЗДОБУВАЧІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ «ПРОФЕСІЙНА ОСВІТА (ЦИФРОВІ
ТЕХНОЛОГІЇ)»**

Bilchuk Y.P.

**CLUSTERISATION OF INDIVIDUAL CHOICE OF DISCIPLINES FOR
APPLICANTS OF THE SPECIALTY «VOCATIONAL EDUCATION
(DIGITAL TECHNOLOGIES)»**

У роботі досліджено результати вільного вибору дисциплін здобувачів спеціальності «Професійна освіта (цифрові технології)» Національного університету водного господарства та природокористування засобами кластерного аналізу. Перевірено і підтверджено гіпотезу про залежність вибору спрямування спецкурсів від гендеру.

In this paper the results of the free choice of disciplines by students majoring in “Vocational Education (Digital Technologies)” at the National University of Water and Environmental Engineering using cluster analysis were investigated. The hypothesis that the choice of specialty courses depends on gender was tested and confirmed.

У період реформування системи вищої освіти в Україні питання дослідження особливостей побудови індивідуальних освітніх траєкторій здобувачів освіти є актуальним. У Національному університеті водного господарства та природокористування вільний вибір дисциплін реалізується відповідно до [1] серед