

## ПРОГНОЗУВАННЯ ВИТРАТ РЕСУРСІВ ПРИ АВТОМАТИЗОВАНОМУ ЗБОРІ ДАНИХ З ЛІЧИЛЬНИКІВ

<sup>1</sup> Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*В роботі для прогнозування витрат ресурсів при автоматизованому зборі даних з лічильників використовується модель авторегресії зі змінним рухомим середніми (ARIMA), яка є однією з найпоширеніших методів у часовому ряді аналізу. Проведена перевірка стаціонарності часового ряду споживання ресурсів. Наведено результати аналізу стаціонарності та диференціювання часового ряду.*

**Ключові слова:** витрати ресурсів, стаціонарність часового ряду, генерація даних.

### *Abstract*

*The paper uses the autoregressive moving average (ARIMA) model, which is one of the most common methods in time series analysis, to predict resource consumption in automated meter data collection. The stationarity of the time series of resource consumption is checked. The results of the analysis of stationarity and differentiation of the time series are presented.*

**Keywords:** resource consumption, time series stationarity, data generation.

### **Вступ**

На сьогоднішній день в Україні існує значна кількість старих будинків, в яких неможливо автоматично збирати інформацію з різних лічильників. Процес передачі показників забирає велику кількість часу, який буде зростати зі збільшенням кількості лічильників. Особливо це стосується старих лічильників води, газу, електрики тощо. Ця проблема стає все більш актуальною, оскільки люди намагаються ефективно використовувати свій час, який є найціннішим ресурсом. Багато мешканців бажають замінити ці старі лічильники на цифрові моделі, щоб уникнути постійної передачі показників та забезпечити зручний та своєчасний контроль за споживанням ресурсів. Проте процес заміни лічильників на цифрові моделі є складним. Це потребує часу та великих витрат, оскільки вимагає оформлення документів та втручання в систему постачання ресурсів. Багато людей не хочуть витрачати час на цей процес і продовжують передавати дані про споживання ресурсів вручну, хоча це займає значну кількість часу. Актуальність цієї проблеми висока, і тому важливо розглянути доступні рішення, які допоможуть вирішити цю проблему ефективно та швидко.

### **Результати дослідження**

Модель ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) є однією з найпоширеніших моделей для аналізу часових рядів і прогнозування. Вона поєднує в собі три основні компоненти: 1. AR (AutoRegressive): автокореляційна частина, яка використовує залежність між поточним значенням і попередніми значеннями часового ряду. 2. I (Integrated): частина інтеграції, яка відповідає за перетворення нестійкого часового ряду в стійкий за допомогою різниць. 3. MA (Moving Average): частина рухомого середнього, яка враховує залежність між поточним значенням і попередніми залишками (помилками прогнозу).

Модель ARIMA позначається як  $ARIMA(p, d, q)$ , де:  $p$  - порядок AR компоненти,  $d$  - порядок диференціювання для досягнення стаціонарності,  $q$  - порядок MA компоненти.

Для побудови моделі ARIMA потрібно виконати наступні кроки:

1. *Визначення стаціонарності та диференціювання.* Перевіряємо, чи є часовий ряд стаціонарним. Якщо він не є стаціонарним, застосовуємо диференціювання до досягнення стаціонарності.

2. *Вибір порядків AR та MA.* Вибираємо порядки ppp і qqq на основі автокореляційної функції (ACF) та часткової автокореляційної функції (PACF).

3. *Оцінка параметрів моделі.* Оцінюємо параметри моделі за допомогою методу найменших квадратів або максимального правдоподібності.

4. *Перевірка адекватності моделі.* Перевіряємо залишки моделі на наявність автокореляції та інші властивості.

5. *Прогнозування.* Проводимо прогнозування на основі побудованої моделі.

Зупинимось на першому кроці. Визначимо стаціонарність та диференціювання часових рядів на прикладі. Розглянемо процес на реальних даних. Візьмемо дані споживання ресурсів, і проведемо відповідний аналіз для визначення, чи є ряд стаціонарним, та застосуємо диференціювання для досягнення стаціонарності. Для цього робимо відповідні кроки. Генерація синтетичних даних (створюємо часовий ряд даних споживання ресурсів для аналізу). Перевірка стаціонарності за допомогою тесту Дікі-Фуллера (тест Дікі-Фуллера (ADF тест) допомагає визначити, чи є часовий ряд стаціонарним. Якщо значення p-value менше 0.05, то часовий ряд стаціонарний). Диференціювання для досягнення стаціонарності (якщо часовий ряд не є стаціонарним, застосовуємо диференціювання, щоб перетворити його у стаціонарний. Диференціювання полягає у відніманні попереднього значення з поточного). Повторна перевірка стаціонарності (перевіряємо стаціонарність диференційованого часового ряду за допомогою тесту Дікі-Фуллера).

Графік початкових даних на рис.1(a) показує часовий ряд споживання ресурсів, який виглядає як випадковий процес, але перевіримо його стаціонарність.

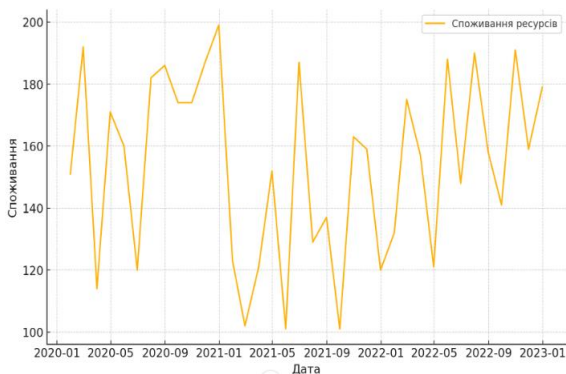
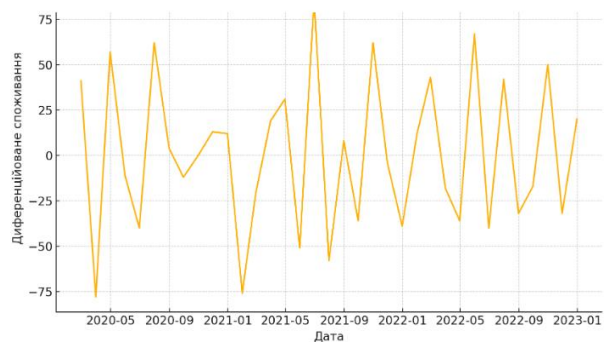


Рис.1 а) Часовий ряд споживання ресурсів



б) Диференційований часовий ряд

Перевіримо стаціонарність за допомогою тесту Дікі-Фуллера:

ADF Statistic: -5.761326; p-value:  $5.66 \times 10^{-7}$

Critical Values: 1%: -3.632743; 5%: -2.948510; 10%: -2.613017.

Оскільки значення ADF Statistic (-5.761326) є меншим за критичні значення на всіх рівнях (1%, 5%, 10%), і p-value менше 0.05, ми можемо зробити висновок, що початковий часовий ряд є стаціонарним. Диференціювання не потрібне, але все ж продемонструємо на рис.1.(б) диференційований часовий ряд, який виглядає більш стаціонарним.

Проведемо повторну перевірку стаціонарності після диференціювання:

ADF Statistic: -5.391642; p-value:  $3.53 \times 10^{-6}$

Critical Values: 1%: -3.653520; 5%: -2.957219; 10%: -2.617588.

Після диференціювання часовий ряд також є стаціонарним, оскільки значення ADF Statistic (-5.391642) є меншим за критичні значення, і p-value менше 0.05.

## Висновки

Початковий часовий ряд вже був стаціонарним, тому диференціювання не було необхідним, але виконане диференціювання підтвердило, що метод ефективний для перетворення нестационарного ряду у стаціонарний. Перспективи подальшого дослідження можуть полягати у продовженні побудови моделі ARIMA для прогнозування витрат ресурсів при автоматизованому зборі даних з лічильників.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лук'яненко І. Г. Аналіз часових рядів побудова arima [Текст]: /І. Г. Лук'яненко, В. М. Жук // Вісник "Києво-Могилянська Академія", 2013.- С. 6-184
2. Регресійний аналіз [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title/>
3. Авторегресія (AR, autoregression) [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://fnov.ru/articles/avtoregressia>.
4. Дзендзелюк О. Побудова ARIMA моделей часових рядів для прогнозування метеоданих на мові програмування [Текст]: /О. Дзендзелюк, Л. Костів, В. Рабик. //Електроніка та інформаційні технології №3. - С.211 — 219.
5. Ahmad, M.; Younas, M.Z.; Ullah, A.; Kryvinska, N. Machine and Deep Learning Base Stacking Model Using Hybrid Class Imbalanced Technique for Electricity Theft Detection in Smart Grid(Preprint) /SSRN, 11 March 2024.

**Бондаренко Дмитро Святославович** — аспірант групи 174-23а, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [allesgve@gmail.com](mailto:allesgve@gmail.com)

**Бондаренко Злата Василівна** – канд. пед. наук, доцент, доцент кафедри вищої математики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [bondarenko@vntu.edu.ua](mailto:bondarenko@vntu.edu.ua)

**Кирилашук Світлана Анатоліївна** – канд. пед. наук, доцент, доцент кафедри вищої математики. Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [ksa07750@gmail.com](mailto:ksa07750@gmail.com).

**Клочко Віталій Іванович** – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри вищої математики. Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [vi.klochko.7@gmail.com](mailto:vi.klochko.7@gmail.com)

**Bondarenko Dmytro Svyatoslavovych** — graduate student of group 174-23a, faculty of intellectual information technologies and automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [allesgve@gmail.com](mailto:allesgve@gmail.com)

**Bondarenko Zlata Vasylivna** - Ph. iatD., Assoce Professor, Associate Professor of the Department of Higher Mathematics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [bondarenko@vntu.edu.ua](mailto:bondarenko@vntu.edu.ua)

**Svitlana A. Kyrylashchuk** – Ph.D., Associate Professor Vinnytsia National Technical University, Ukraine, Vinnytsia, , e-mail: [ksa07750@gmail.com](mailto:ksa07750@gmail.com).

**Klochko Vitaliy** - Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Professor of the Department of Higher Mathematics. Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, , e-mail: [vi.klochko.7@gmail.com](mailto:vi.klochko.7@gmail.com)