

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЦИКЛІЧНОГО ВИПАДКОВОГО ПРОЦЕСУ ТА ARIMA/SARIMA У МОДЕЛЯХ ГАЗОСПОЖИВАННЯ

UDC 004.94:620.9:519.24

G. Shymchuk; I. Lytvynenko, Dr., Prof.

COMPARATIVE ANALYSIS OF CYCLIC RANDOM PROCESS AND ARIMA/SARIMA IN GAS CONSUMPTION MODELS

Проблема ефективного управління газоспоживанням є однією з ключових для енергетичної безпеки держави та оптимізації ресурсів. Надійне прогнозування споживання газу дозволяє підвищити точність планування, мінімізувати ризики дефіциту та зменшити витрати на закупівлю енергоресурсів. У сучасних дослідженнях активно використовуються як класичні моделі (ARIMA, SARIMA), так і нові стохастичні підходи, зокрема моделі на основі циклічного випадкового процесу (ЦВП). Метою даної статті є порівняльний аналіз цих двох математичних підходів та визначення їхньої ефективності у задачах аналізу й прогнозування газоспоживання.

Математична модель на основі циклічного випадкового процесу

Циклічний випадковий процес відображає властивість газоспоживання що прорявляється у повторюваності його ритму (доба, тиждень, сезон), але з елементами стохастичної невизначеності. У такій моделі загальний процес представляється як сума трьох компонент:

- детермінований тренд (довгострокова тенденція зростання або зменшення споживання),
- циклічна компонента (сезонні та добові коливання),
- стохастичний залишок (складова, що відображає вплив непередбачуваних факторів).

Основна перевага моделі ЦВП полягає у можливості конструктивно відображати циклічну природу процесу. Це особливо важливо для енергетичних систем, де спостерігається виражена сезонність і добова повторюваність. Оскільки математична модель враховує сегменти процесу то їх окремий аналіз дозволяє підвищити точність опрацювання та прогнозування.

ARIMA/SARIMA моделі

ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) та її сезонне розширення SARIMA є класичними статистичними моделями прогнозування часових рядів.

ARIMA добре підходить для стаціонарних процесів. Вона враховує автокореляцію та тренди шляхом параметрів моделі (p, d, q).

SARIMA доповнює модель сезонними параметрами (P, D, Q, s), що дозволяє відображати регулярну повторюваність даних, наприклад, сезонні коливання у газоспоживанні.

Головні переваги ARIMA/SARIMA:

- простота застосування у багатьох практичних задачах;
- наявність статистичного апарату для підбору параметрів та перевірки якості моделі;
- ефективність у короткостроковому прогнозуванні.

Проте ARIMA/SARIMA мають і обмеження, вони погано враховують нерегулярну циклічність і чутливі до зміни режимів газоспоживання, викликаних зовнішніми факторами (аномальні зими, політичні або економічні кризи).

Циклічний випадковий процес краще відображає ритмічність і дозволяє врахувати стохастичні впливи, що робить його придатним для довгострокових прогнозів.

SARIMA ефективніша для короткострокового прогнозування, коли часовий ряд має регулярну сезонність і статистичну повторюваність.

У випадку різких змін у структурі споживання газу (наприклад, зміни тарифів або технологічних режимів), ЦВП показує більшу гнучкість у моделюванні, тоді як ARIMA/SARIMA потребують повторного переналаштування параметрів.

За точністю прогнозів у короткому горизонті (1–3 місяці) ARIMA/SARIMA демонструють високу точність, але при довготривалому прогнозуванні їхня похибка зростає швидше, ніж у ЦВП.

В даному огляді здійснено порівняння двох підходів до моделювання газоспоживання: математичної моделі на основі циклічного випадкового процесу та класичних статистичних моделей ARIMA/SARIMA. Отримані результати показують, що:

- ARIMA/SARIMA доцільно застосовувати для короткострокових прогнозів у стабільних умовах.

- ЦВП-модель забезпечує більш точне відображення циклічних та стохастичних властивостей процесу, що робить її ефективнішою у довгострокових прогнозах та при змінних зовнішніх факторах.

Таким чином, найкращим рішенням є комбіноване використання двох підходів: застосування ARIMA/SARIMA для короткострокового прогнозування та моделі на основі циклічного випадкового процесу для довгострокового аналізу та стратегічного планування.

Література

1. C. A. Villacorta Cardoso and G. Lima Cruz, «Forecasting Natural Gas Consumption using ARIMA Models and Artificial Neural Networks,» in IEEE Latin America Transactions, vol. 14, no. 5, pp. 2233-2238, May 2016, doi: 10.1109/TLA.2016.7530418.
2. Cardoso, C. A. V., & Cruz, G. L. (2016). Forecasting natural gas consumption using ARIMA models and artificial neural networks. IEEE Latin America Transactions, 14(5), 2233-2238.
3. Lupenko, S., Lytvynenko, I., Nazarevych, O., Shymchuk, G., & Hotovych, V. (2021, December). Approach to gas consumption process forecasting on the basis of a mathematical model in the form of a random cyclic process. In Proceedings of the International Conference „Advanced applied energy and information technologies 2021”, 2021 (pp. 213-219). TNTU, Zhytomyr «Publishing house „Book-Druk “» LLC.
4. Lytvynenko, I., Lupenko, S., Kunanets, N., Nazarevych, O., Shymchuk, G., & Hotovych, V. (2021). Simulation of gas consumption process based on the mathematical model in the form of cyclic random process considering the scale factors. In 1st International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems, ITTAP (Vol. 2021).
5. Wang, H., Gao, X., Zhang, Y., & Yang, Y. (2025). Natural Gas Consumption Forecasting Model Based on Feature Optimization and Incremental Long Short-Term Memory. Sensors, 25(10), 3079.
6. Lytvynenko, I., Lupenko, S., Nazarevych, O., Shymchuk, H., & Hotovych, V. (2022). Additive mathematical model of gas consumption process. Вісник Тернопільського національного технічного університету, 104(4), 87-97.