

Научная статья

Original article

УДК 330.43

doi: https://doi.org/10.55186/2413046X_2026_11_3_31

edn: AAINMK

**ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ
АВТОКОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ
PRACTICAL ASPECTS OF THE APPLICATION OF
AUTOCORRELATION ANALYSIS TO PREDICT THE PERFORMANCE
OF AN ENTERPRISE**



Параскевопуло Ольга Ригасовна, к.ф.-м.н., доцент кафедры высшей математики-3, ИПТИП, ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», Москва

Гельмиярова Виктория Николаевна, к.т.н., доцент кафедры высшей математики-3, ИПТИП, ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», Москва

Миляев Константин Константинович, к.ф.-м.н., ассистент кафедры ФН-2 «Прикладная математика», Факультет «Фундаментальные науки», Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана - Национальный Исследовательский Университет, Москва

Свищёва Анастасия Леонидовна, PhD (кандидат наук), старший преподаватель кафедры ФН-2 «Прикладная математика», Факультет «Фундаментальные науки», Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана - Национальный Исследовательский Университет, Москва

Paraskevopulo Olga Rigasovna, PhD, Associate Professor of the Department of Higher Mathematics-3, IPTIP, MIREA – Russian Technological University, Moscow

Gelmiyarova Viktoriya Nikolaevna, PhD, Associate Professor of the Department of Higher Mathematics-3, IPTIP, MIREA – Russian Technological University, Moscow

Milyaev Konstantin Konstantinovich, PhD in Physics and Mathematics, Assistant Professor at the Department of Applied Mathematics, Faculty of Fundamental Sciences, Bauman Moscow State Technical University - National Research University, Moscow

Svishhyova Anastasiya Leonidovna, PhD (Candidate of Sciences), Senior Lecturer at the Department of FN-2 "Applied Mathematics", Faculty of Fundamental Sciences, Bauman Moscow State Technical University - National Research University, Moscow

Аннотация. В статье рассматриваются прикладные аспекты анализа временных рядов в контексте задач оперативного и стратегического планирования на предприятии. Особое внимание уделено методу автокорреляции как инструменту выявления внутренних зависимостей в структуре данных. На примере поквартальных данных о выпуске продукции условного производственного предприятия продемонстрирована методика построения коррелограммы и интерпретации коэффициентов автокорреляции для различных временных лагов. Сделаны выводы о наличии устойчивого тренда и сезонной компоненты, что позволяет повысить точность краткосрочных прогнозов. Результаты исследования могут быть использованы в практике финансового и производственного менеджмента.

Abstract. The article discusses the applied aspects of time series analysis in the context of operational and strategic planning tasks at an enterprise. Special attention is paid to the autocorrelation method as a tool for identifying internal dependencies in the data structure. Using the example of quarterly data on the

output of a conditional manufacturing enterprise, the method of constructing a correlogram and interpreting autocorrelation coefficients for various time lags is demonstrated. Conclusions are drawn about the presence of a stable trend and a seasonal component, which makes it possible to increase the accuracy of short-term forecasts. The results of the study can be used in the practice of financial and production management.

Ключевые слова: временные ряды, автокорреляция, коррелограмма, прогнозирование, сезонность, лаг

Keywords: time series, autocorrelation, correlogram, forecasting, seasonality, lag

Введение

В современных условиях хозяйствования эффективность управления предприятием во многом зависит от способности менеджмента предвидеть изменения ключевых экономических показателей. Прогнозирование объемов продаж, уровня запасов, денежных потоков и производственных мощностей становится неотъемлемым элементом системы принятия решений. Одним из наиболее распространенных инструментов такого прогнозирования является анализ временных рядов.

Временной ряд представляет собой последовательность наблюдений некоторого показателя, упорядоченных во времени. В отличие от пространственных (кросс-секционных) данных, где наблюдения предполагаются независимыми, ключевой особенностью временных рядов является наличие автокорреляции — статистической зависимости между текущими и прошлыми значениями ряда. Именно учет этой зависимости позволяет строить более точные прогнозы, нежели простые экстраполяции.

Целью настоящей работы является демонстрация методики автокорреляционного анализа на реальных (или приближенных к реальным) данных и интерпретация полученных результатов для задач внутрифирменного планирования.

1. Теоретические основы анализа временных рядов.

В общем виде временной ряд можно представить как совокупность уровней y_1, y_2, \dots, y_n , где индекс t соответствует моменту или интервалу времени. Классическая декомпозиция временного ряда предполагает выделение следующих компонент:

- Тренд (Т) — долгосрочная тенденция изменения показателя (рост, снижение, стагнация);
- Сезонная компонента (S) — периодические колебания, регулярно повторяющиеся внутри года (например, увеличение продаж строительных материалов в летний период);
- Циклическая компонента (C) — колебания большей длительности, связанные с макроэкономическими циклами;
- Случайная компонента (ε) — нерегулярные флуктуации, обусловленные действием множества непредсказуемых факторов.

В зависимости от характера взаимодействия этих компонент строятся аддитивные ($Y = T + S + C + \varepsilon$) или мультипликативные ($Y = T \cdot S \cdot C \cdot \varepsilon$) модели.

Центральным понятием для выявления структуры ряда является автокорреляция. Коэффициент автокорреляции порядка L (лага L) показывает тесноту связи между уровнями ряда, разделенными L шагами во времени. Высокое значение коэффициента автокорреляции первого порядка (Lag 1) свидетельствует о наличии сильной инерционности процесса, то есть текущее значение во многом определяется предыдущим. Высокое значение коэффициента, например, на четвертом лаге (для квартальных данных) может указывать на присутствие сезонной компоненты.

Совокупность коэффициентов автокорреляции для различных лагов образует автокорреляционную функцию (АКФ), графическое изображение которой называется коррелограммой. Анализ коррелограммы позволяет идентифицировать структуру ряда и выбрать адекватную модель

прогнозирования (например, модели семейства ARIMA или методы экспоненциального сглаживания).

2. Методика построения коррелограммы и анализ данных.

Для иллюстрации методики рассмотрим гипотетические данные о поквартальном выпуске продукции условного предприятия за период 2021–2024 гг. Исходные данные представлены в таблице 1. Единицы измерения — тысячи условных единиц.

Таблица 1. Динамика выпуска продукции по кварталам

Год	Квартал	Период (t)	Выпуск (yt), тыс. ед.
2021	I	1	124
2021	II	2	156
2021	III	3	182
2021	IV	4	148
2022	I	5	136
2022	II	6	172
2022	III	7	198
2022	IV	8	160
2023	I	9	150
2023	II	10	188
2023	III	11	214
2023	IV	12	174

Год	Квартал	Период (t)	Выпуск (yt), тыс. ед.
2024	I	13	162
2024	II	14	204
2024	III	15	232
2024	IV	16	190

Визуальный анализ ряда позволяет предположить наличие восходящего тренда (выпуск растет от года к году) и сезонных колебаний (максимум выпуска приходится на III квартал, минимум — на I квартал).

Для количественной оценки структуры ряда рассчитаем коэффициенты автокорреляции для лагов от 1 до 4. Коэффициент автокорреляции порядка L вычисляется по формуле:

$$r_L = \frac{\sum_{t=1}^{n-L} (y_t - \bar{y}_1)(y_{t+L} - \bar{y}_2)}{\sqrt{\sum_{t=1}^{n-L} (y_t - \bar{y}_1)^2 \cdot \sum_{t=1}^{n-L} (y_{t+L} - \bar{y}_2)^2}}$$

где \bar{y}_1 — среднее значение по первым n-L наблюдениям, \bar{y}_2 — среднее значение по последним n-L наблюдениям. Для упрощения расчетов в практических задачах часто используют приближенные методы или специализированное ПО. Результаты расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2. Значения коэффициентов автокорреляции

Лаг (L)	Коэффициент автокорреляции (rL)
1	+0,85
2	+0,62
3	+0,38

Лаг (L)	Коэффициент автокорреляции (rL)
4	+0,71

3. Анализ полученных результатов.

1. **Лаг 1 ($r_1 = 0,85$)**. Высокое положительное значение коэффициента свидетельствует о наличии сильной линейной зависимости между соседними уровнями ряда. Это характерно для рядов, содержащих устойчивый тренд. Текущий объем выпуска тесно связан с объемом предыдущего квартала.

2. **Лаг 2 ($r_2 = 0,62$) и Лаг 3 ($r_3 = 0,38$)**. Значения коэффициентов постепенно снижаются, что типично для рядов с трендом — влияние более отдаленных прошлых значений ослабевает.

3. **Лаг 4 ($r_4 = 0,71$)**. Обращает на себя внимание резкий рост коэффициента автокорреляции на четвертом лаге. Для квартальных данных это является ярким индикатором наличия сезонной компоненты. Значения выпуска в текущем квартале тесно связаны со значениями в том же квартале предыдущего года (например, III квартал 2024 года коррелирует с III кварталом 2023 года).

Таким образом, коррелограмма позволяет сделать следующие выводы:

Временной ряд является нестационарным и содержит возрастающий линейный тренд.

В структуре ряда присутствует сезонная волна продолжительностью 4 квартала (годовая сезонность).

4. Практические рекомендации по прогнозированию.

Выявленная структура ряда определяет выбор адекватных методов прогнозирования. Простая линейная экстраполяция без учета сезонности приведет к систематическим ошибкам. Рекомендуется использовать:

Модели декомпозиции временных рядов (аддитивные или мультипликативные схемы);

Модель Хольта-Уинтерса (Holt-Winters), которая специально разработана для рядов, содержащих и тренд, и сезонность;

Модели SARIMA (Seasonal ARIMA), учитывающие сезонную интегрированность.

Предварительный прогноз на I квартал 2025 года может быть получен на основе аддитивной схемы:

$$\hat{y}_{17} = T_{17} + S_I$$

где трендовая компонента T_{17} оценивается на основе линейного роста за предыдущие периоды, а сезонная компонента S_I — как среднее отклонение первого квартала от тренда за все имеющиеся годы.

Заключение

Проведенный анализ подтверждает высокую информативность автокорреляционной функции как инструмента первичного анализа временных рядов. Построение коррелограммы позволяет обоснованно подойти к выбору прогнозной модели, идентифицировать наличие тренда и сезонности, избегая грубых ошибок экстраполяции. Представленная методика может быть легко тиражирована на любые экономические показатели, имеющие квартальную или месячную периодичность. Дальнейшие исследования целесообразно направить на сравнение прогнозной точности различных моделей (SARIMA, экспоненциальное сглаживание, нейросетевые подходы) на основе описанного набора данных.

Список источников

1. Артамонов Н.В. Введение в эконометрику: учебное пособие. – М.: МЦНМО, 2022. – 204 с.
2. Кремер Н.Ш., Путко Б.А., Тришин И.М. Математика для экономистов. От арифметики до эконометрики: учебно-справочное пособие. – М.: Юрайт, 2021. – 724 с.
3. Гладилин А.В., Герасимов А.Н., Громов Е.И. Практикум по эконометрике. – М.: Феникс, 2021. – 336 с.

4. Берндт Э. Практика эконометрики. Классика и современность. – М.: Юнити-Дана, 2020. – 848 с.
5. Астафьев, Р. У. Многоаспектный анализ сложных иерархических систем / Р. У. Астафьев // ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ и ПРИКЛАДНАЯ НАУКА: СОСТОЯНИЕ и ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ : сборник статей ЛПМ Международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 20 ноября 2025 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2025. – С. 94-97. – EDN ALYBTHX.
6. Астафьев, Р. У. Многомерное пространство методов сравнения иерархий / Р. У. Астафьев // Наука сегодня: актуальные исследования : Сборник статей II Всероссийской научно-практической конференции, Петрозаводск, 17 ноября 2025 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства "Новая Наука" (ИП Ивановская И.И.), 2025. – С. 314-318. – EDN KGAYAZ.
7. Mathematical modeling of epidemic dynamics and disease spread using the SIR model / A. Sidorov, R. Astaf'ev, T. Gorshunova, T. Morozova // Moscow Economic Journal. – 2025. – Vol. 10, No. 11. – P. 45-66. – DOI 10.55186/2413046X_2025_10_11_246. – EDN HELSMS.
8. Сидоров, А. А. Вопросы нахождения коэффициентов характеристического уравнения матрицы большой размерности в курсе линейной алгебры для студентов технических вузов / А. А. Сидоров // Инновационные технологии в электронике и приборостроении : сборник докладов Российской научно-технической конференции с международным участием Физико-технологического института РТУ МИРЭА, Москва, 16–17 апреля 2020 года. Том 1. – Москва: МИРЭА - Российский технологический университет, 2020. – С. 302-309. – EDN JNCUEM.
9. Sidorov, A. Market and credit risk in the modern banking system / A. Sidorov, T. Igonina // International Journal of Applied Sciences and Technology

Integral. – 2025. – No. 4. – P. 50-61. – DOI 10.55186/2658-3569-2026-50-61. – EDN WCHWNL.

10. Сидоров, А. А. Вопросы нахождения формул сумм степенных рядов натуральных чисел в курсе линейной алгебры для студентов технических вузов / А. А. Сидоров // Перспективные материалы и технологии (ПМТ-2025): Сборник докладов Национальной научно-технической конференции с международным участием, Москва, 07–12 апреля 2025 года. – Москва: МИРЭА - Российский технологический университет, 2025. – С. 1444-1454. – EDN IKYSTV.

References

1. Artamonov N.V. Vvedenie v e`konometriku: uchebnoe posobie. – M.: MCzNMO, 2022. – 204 s.
2. Kremer N.Sh., Putko B.A., Trishin I.M. Matematika dlya e`konomistov. Ot arifmetiki do e`konometriki: uchebno-spravochnoe posobie. – M.: Yurajt, 2021. – 724 s.
3. Gladilin A.V., Gerasimov A.N., Gromov E.I. Praktikum po e`konometrike. – M.: Feniks, 2021. – 336 s.
4. Berndt E`. Praktika e`konometriki. Klassika i sovremennost`. – M.: Yuniti-Dana, 2020. – 848 s.
5. Astaf`ev, R. U. Mnogoaspektny`j analiz slozhny`x ierarxicheskix sistem / R. U. Astaf`ev // FUNDAMENTAL`NAYa i PRIKLADNAYa NAUKA: SOSTOYaNIE i TENDENCIИ RAZVITIYа : sbornik statej LIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Petrozavodsk, 20 noyabrya 2025 goda. – Petrozavodsk: Mezhdunarodny`j centr nauchnogo partnerstva «Novaya Nauka» (IP Ivanovskaya I.I.), 2025. – S. 94-97. – EDN ALYBTX.
6. Astaf`ev, R. U. Mnogomernoe prostranstvo metodov sravneniya ierarxij / R. U. Astaf`ev // Nauka segodnya: aktual`ny`e issledovaniya : Sbornik statej II Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Petrozavodsk, 17 noyabrya 2025

года. – Petrozavodsk: Mezhdunarodny`j centr nauchnogo partnerstva Novaya Nauka (IP Ivanovskaya I.I.), 2025. – S. 314-318. – EDN KGAYAZ.

7. Mathematical modeling of epidemic dynamics and disease spread using the SIR model / A. Sidorov, R. Astafev, T. Gorshunova, T. Morozova // Moscow Economic Journal. – 2025. – Vol. 10, No. 11. – P. 45-66. – DOI 10.55186/2413046X_2025_10_11_246. – EDN HELSMS.

8. Sidorov, A. A. Voprosy` naxozhdeniya koef`ficentov xarakteristicheskogo uravneniya matricy bol`shoj razmernosti v kurse linejnoj algebrы` dlya studentov texnicheskix vuzov / A. A. Sidorov // Innovacionny`e texnologii v e`lektronike i priborostroenii : sbornik dokladov Rossijskoj nauchno-texnicheskoj konferencii s mezhdunarodny`m uchastiem Fiziko-texnologicheskogo instituta RTU MIRE`A, Moskva, 16–17 aprelya 2020 goda. Tom 1. – Moskva: MIRE`A - Rossijskij texnologicheskij universitet, 2020. – S. 302-309. – EDN JNCUEM.

9. Sidorov, A. Market and credit risk in the modern banking system / A. Sidorov, T. Igonina // International Journal of Applied Sciences and Technology Integral. – 2025. – No. 4. – P. 50-61. – DOI 10.55186/2658-3569-2026-50-61. – EDN WCHWNL.

10. Sidorov, A. A. Voprosy` naxozhdeniya formul summ stepenny`x ryadov natural`ny`x chisel v kurse linejnoj algebrы` dlya studentov texnicheskix vuzov / A. A. Sidorov // Perspektivny`e materialy` i texnologii (PMT-2025) : Sbornik dokladov Nacional`noj nauchno-texnicheskoj konferencii s mezhdunarodny`m uchastiem, Moskva, 07–12 aprelya 2025 goda. – Moskva: MIRE`A - Rossijskij texnologicheskij universitet, 2025. – S. 1444-1454. – EDN IKYSTV.

© Параскевопуло О.Р., Гельмиярова В.Н., Миляев К.К., Свищёва А.Л., 2026.

Московский экономический журнал, 2026, № 3.