

УДК 004.942/504.32

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭКОМОНИТОРИНГЕ

Кондратьева О.В.

к.т.н., доцент кафедры системное программирование

*ФГБОУ ВО Московский Технологический Университет Связи и Информатики,
Россия, г. Москва*

Свиридова А.А.

студентка 4 курса направления - Техносферная безопасность, института перспективных материалов и технологий

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «НИИ МИЭТ»,
Россия, г. Москва*

Аннотация

В работе приведены результаты исследования применения экономико-математических методов в такой области, как экологический мониторинг. В качестве примера рассматривается моделирование временных рядов, позволяющее не только провести анализ исследуемого явления, но и построить прогноз его развития.

Ключевые слова: экологический мониторинг, временной ряд, моделирование, анализ, прогнозирование.

MATHEMATICAL MODELING IN ECONOMIC MONITORING

Kondratieva O.V.

PhD, Associate Professor, Department of System Programming

*Moscow Technological University of Communications and Informatics,
Russia, Moscow*

Sviridova A.A.

4th year student, Technosphere Safety, Institute of Advanced Materials and Technologies

National Research University MIET,

Russia, Moscow

Abstract

The paper presents the results of a study of the application of economic and mathematical methods in such a field as environmental monitoring. As an example, time series modeling is considered, which allows not only to analyze the phenomenon under study, but also to build a forecast of its development.

Keywords: environmental monitoring, time series, modeling, analysis, forecasting.

Мир – большая шахматная доска. Каждый день ведущие экономисты и предприниматели, политологи и экологи разыгрывают очередную шахматную партию, от исхода которой зависит жизнь общества, в целом, и каждого из нас, в частности. Предприниматели занимаются разработкой стратегией утилизации отходов, экономисты ищут решение проблемы ограниченности ресурсов, экологи стремятся сохранить окружающую среду, а политологи ищут решение глобальных экологических проблем. Они преследуют разные цели, но каждый их следующий ход – это лишь часть стратегии, в основе которой лежит не что иное, как математическое моделирование, в том числе моделирование временных рядов. Временной ряд (динамический ряд, ряд динамики) – ряд однородных сопоставимых величин, показывающих изменение изучаемого явления во времени.

Моделирование временных рядов можно применить почти в любой сфере жизни. Особенно широкое распространение временные ряды получили в экономике, менеджменте, статистике и др. Однако, необходимо отметить, что моделирование и анализ временных рядов является сложной задачей, требующей глубоких знаний не только в области математической статистики, но и программировании [1,3].

Автор решил привести пример применения моделирования временных рядов с целью оценки его роли и значения для экологического мониторинга.

Экологический мониторинг – это осуществление комплексных наблюдений за состоянием окружающей среды, в том числе компонентов природной среды, естественных экологических систем, за происходящими в них процессами, явлениями, а также оценка и прогноз ее изменений.

Для подтверждения теоретических положений на практике автором было проведено исследование, посвященное климатическим изменениям в России, результаты которого представлены ниже. В качестве объекта исследования была выбрана наиболее остро стоящая на сегодняшний день экологическая проблема – глобальное потепление.

В следующей таблице можно увидеть, как глобальное потепление повлияло на территорию России за последние 46 лет (табл. 1). В качестве источника для анализа были использованы данные Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF) за период с 1979 по 2024 год [2,4].

Таблица 1

Годовое изменение температуры на территории России

Год	Средняя годовая температура, °С
2010	-5,5
2011	-1,8
2012	-4,3
2013	-2,8
2014	-3,4
2015	-1,2
2016	-3
2017	-1,9
2018	-3
2019	1,9
2020	-0,1
2021	-3,8
2022	-2,5
2023	-2,6
2024	-1,5

Для дальнейшего анализа и прогнозирования построенной на основе исходных данных модели изменения температуры на территории России было проведено экспоненциальное сглаживание динамического ряда, результаты которого представлены на рисунках ниже (рис. 1-2).

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Средняя годовая температура	-5,5	-1,8	-4,3	-2,8	-3,4	-1,2	-3	-1,9	-3	1,9	-0,1	-3,8	-2,5	-2,6	-1,5
Сглаженные уровни	#Н/Д	-5,5	-2,9	-3,9	-3,1	-3,3	-1,8	-2,7	-2,1	-2,7	0,5	0,1	-2,6	-2,5	-2,6
Стандартные погрешности	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#ДЕЛ/0!	1,495337197	0,561761812	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	1,011363075	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!

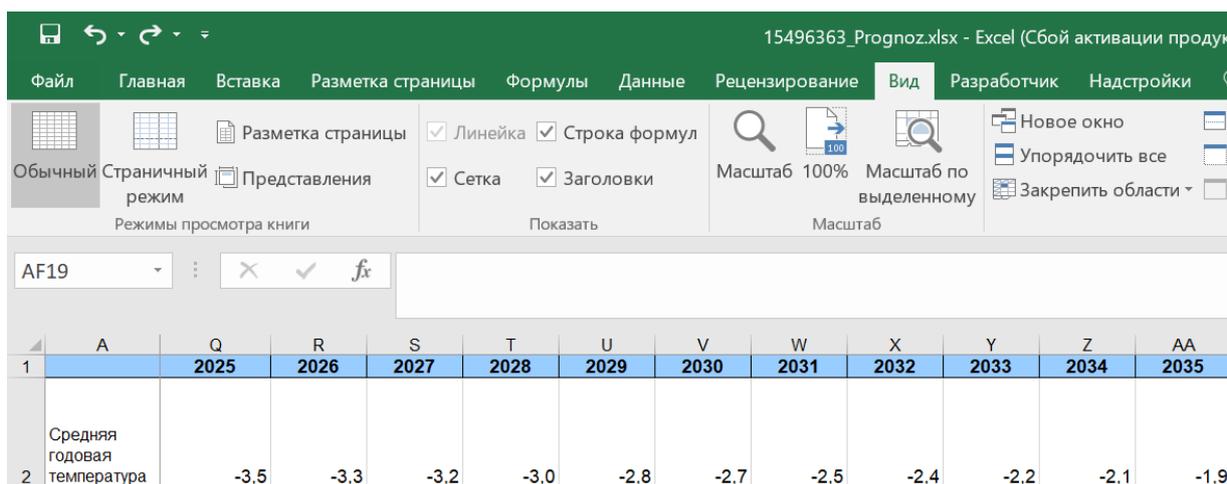
Рисунок 1. Экспоненциальное сглаживание динамического ряда изменения средней годовой температуры на территории России



Рисунок 2. Экспоненциальное сглаживание динамического ряда изменения средней годовой температуры на территории России

На рисунке 2 показано изменение средней годовой температуры на территории России. Пунктирная линия показывает тенденцию изменения климата. Так как она поднимается слева направо, то в России с каждым годом повышается температура и становится теплее. Максимальное значение средней годовой температуры (+1,9 °C) было отмечено в 2019 году [5].

Долгосрочное повышение средней температуры на территории России говорит об усилении глобального потепления. Но к сожалению, изменить экологическую ситуацию на ближайшие 10 лет уже невозможно, о чем свидетельствуют результаты проведенного прогнозирования временного ряда: построенная прогнозная модель на графике и составленный числовой прогноз (рис. 3).



	A	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
1		2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
2	Средняя годовая температура	-3,5	-3,3	-3,2	-3,0	-2,8	-2,7	-2,5	-2,4	-2,2	-2,1	-1,9

Рисунок 3 – Прогнозирование динамического ряда изменения средней годовой температуры на территории России

Таким образом, математическое моделирование ежедневно помогает предпринимателям, экономистам, политикам и экологам не только принимать оптимальные решения из всех возможных вариантов действий и прогнозировать их исход, но и оценивать, предотвращать или минимизировать экологические риски.

Следует отметить, что автор не останавливается на достигнутых результатах и планирует продолжить исследование применения математического моделирования в экомониторинге.

Библиографический список

1. Сизиков Д.О. Метод анализа временных рядов и его математическая модель в программном обеспечении / Д.О. Сизиков // Международный научно-исследовательский журнал. – 2024. – №3 (141). – URL: <https://research-journal.org/archive/3-141-2024-march/10.23670/IRJ.2024.141.5> (дата обращения: 19.01.2025). – DOI: 10.23670/IRJ.2024.141.5
2. Изменения климата России [Электронный источник]. – Режим доступа: https://www.meteoblue.com/ru/climate-change/Россия_Россия_2017370 (Дата обращения: 19.01.2025).
3. Кольцов, В. Б. Процессы и аппараты защиты окружающей среды : Учебник и практикум / В. Б. Кольцов, О. В. Кольцова. – 1-е изд.. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью "Издательство ЮРАЙТ", 2014. – 588 с. – (Бакалавр. Академический курс). – ISBN 978-5-9916-3548-6. – EDN VTULIP.
4. Кольцова, О. В. Экологические катастрофы XXI века / О. В. Кольцова, М. В. Белоусова // Вестник Учебно-методического объединения по образованию в области природообустройства и водопользования. – 2015. – № 8. – С. 45-54. – EDN VB JWPL.
5. Кондратьева, О. В. Системное моделирование при проведении мониторинга атмосферного воздуха / О. В. Кондратьева, О. С. Симонович // Вестник Научно-методического совета по природообустройству и водопользованию. – 2018. – № 11. – С. 134-144. – EDN XRZHAT.

Оригинальность 75%