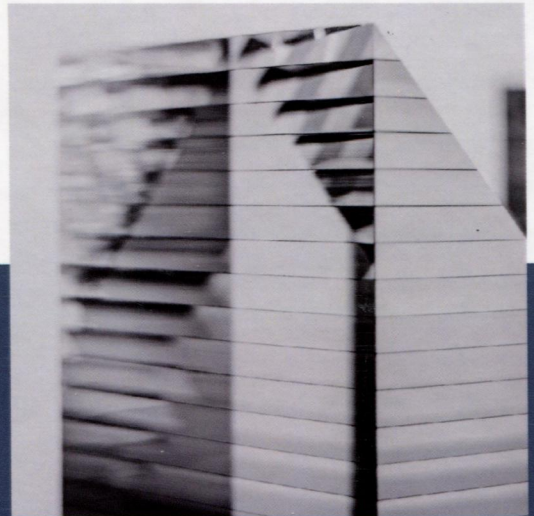


ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ

# МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ



В. Н. Наумов



E.LANBOOK.COM

**В. Н. НАУМОВ**

# **МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ**

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**



**ЛАНЬ**

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ • МОСКВА • КРАСНОДАР**

**2024**

УДК 004  
ББК 16.2я73

**Н 34**      **Наумов В. Н.** Методы прогнозирования временных рядов : учебное пособие для вузов / В. Н. Наумов. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 196 с. — Текст : непосредственный.

**ISBN 978-5-507-48837-7**

В книге рассмотрены наиболее популярные методы и модели предсказательной аналитики данных, представленных временными рядами. Дана их характеристика, выполнен сравнительный анализ. Приведены примеры решения задач прогнозирования для классических и синтезированных наборов данных. В качестве инструмента решения задач прогнозирования был выбран язык R и интегрированная среда разработки RStudio. Их выбор обусловлен ориентацией языка и интегрированной среды на решение задач аналитики, появлением философии аккуратного (опрятного) программирования, которая существенно изменяет традиционные подходы к их использованию при прогнозировании временных рядов.

Книга может быть полезна как студентам, магистрантам и аспирантам, изучающим методы прогнозирования, анализа данных, машинного обучения, предсказательной аналитики, искусственного интеллекта, теорию data science, так и аналитикам, начинающим осваивать данные методы для применения в своей практической деятельности. Содержание книги предполагает, что ее читатели имеют базовые знания о языке R, начальный опыт использования языка R и интегрированной среды разработки RStudio. Поэтому в ней не рассмотрены основы языка и организации применения данной среды.

УДК 004  
ББК 16.2я73

**Рецензенты:**

- М. В. БУЙНЕВИЧ* — доктор технических наук, профессор Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС России им. Героя Российской Федерации генерала армии Е. Н. Зиничева;
- П. И. ПАДЕРНО* — доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных систем Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), заслуженный деятель науки РФ, лауреат премии Правительства РФ в области образования;
- И. Л. КОРШУНОВ* — кандидат технических наук, доцент Санкт-Петербургского государственного экономического университета.

**Обложка**  
*П. И. ПОЛЯКОВА*

© Издательство «Лань», 2024  
© В. Н. Наумов, 2024  
© Издательство «Лань», художественное оформление, 2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	5
<b>1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ</b> .....	11
1.1. Типы данных. Эконометрические данные .....	11
1.2. Определение модели временного ряда .....	20
1.3. Характеристики временного ряда .....	26
1.4. Визуализация временных рядов .....	34
1.5. Понятие прогнозирования временных рядов .....	41
Вопросы и задания по первой главе .....	45
<b>2. ПРОВЕРКА СТАЦИОНАРНОСТИ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ</b> .....	46
2.1. Анализ стационарности временных рядов с помощью графических средств.....	46
2.2. Статистические критерии проверки стационарности .....	51
2.3. Преобразование временного ряда .....	57
Вопросы и задания по второй главе .....	60
<b>3. ПРОСТЫЕ МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ</b> .....	62
3.1. Простые методы прогнозирования .....	62
3.2. Построение регрессионных моделей временного ряда .....	69
3.3. Анализ качества моделей прогнозирования по остаткам .....	77
3.4. Сезонная декомпозиция временного ряда .....	84
Вопросы и задания по третьей главе .....	92
<b>4. СГЛАЖИВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ</b> .....	94
4.1. Методы скользящего среднего .....	94
4.2. Экспоненциальное сглаживание .....	98
Вопросы и задания по четвертой главе.....	116
<b>5. МОДЕЛИ АВТОРЕГРЕССИИ — СКОЛЬЗЯЩЕГО СРЕДНЕГО</b> .....	118
5.1. Модели стационарного временного ряда .....	118
5.1.1. Модели авторегрессии .....	118
5.1.2. Модели скользящего среднего .....	130
5.1.3. Модели авторегрессии — скользящего среднего .....	136
5.2. Несезонные модели ARIMA .....	139
5.3. Сезонные модели ARIMA .....	144
5.4. Модели ARIMA, содержащие детерминированный тренд.....	148
Вопросы и задачи по пятой главе .....	151
<b>6. РЕГРЕССИОННЫЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ВРЕМЕННОГО РЯДА</b> .....	153
6.1. Регрессионные модели .....	153
6.2. Динамические модели .....	157

6.3. Ложная регрессия. Коинтегрированные временные ряды .....	164
6.4. VAR-модели.....	168
Вопросы и задания по шестой главе .....	170
<b>7. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ.....</b>	<b>172</b>
Вопросы и задания по седьмой главе.....	176
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>178</b>
<b>ТЕСТ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ .....</b>	<b>180</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>191</b>