

АНАЛИЗ МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ БОЛЕЗНЕЙ ГЛАЗА И ЕГО ПРИДАТОЧНОГО АППАРАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУЛЬТИПЛИКАТИВНОЙ МОДЕЛИ ВРЕМЕННОГО РЯДА

А.Г. Гузенко, канд. техн. наук, доцент

В.В. Ващенко, старший преподаватель

М.И. Васильева, старший преподаватель

Тихоокеанский государственный медицинский университет
(Россия, г. Владивосток)

DOI:10.24412/2500-1000-2026-6-2-61-65

Аннотация. Проанализирована многолетняя динамика заболеваемости болезнями глаза и его придаточного аппарата среди населения Приморского края и построена мультипликативная модель временного ряда. Динамика заболеваемости имеет устойчивую нисходящую тенденцию. Сезонная компонента выражена слабо и сглажена, что свидетельствует об эффективности профилактических мер. Построенная мультипликативная модель обладает высокой прогностической способностью и может использоваться для планирования офтальмологической помощи в Приморском крае.

Ключевые слова: статистические данные; заболеваемость; болезни глаза; временной ряд; мультипликативная модель; сезонность; тренд.

Болезни глаза и его придаточного аппарата занимают существенное место в структуре общей заболеваемости населения, оказывая влияние на качество жизни и трудоспособность [1-3]. Многие исследователи показывают, что меры, направленные на раннее выявление и профилактику болезней органа зрения, имеют значительный социально-экономический эффект [4]. Актуальность исследования обусловлена необходимостью выявления закономерностей динамики заболеваемости для эффективного планирования офтальмологической помощи [5-7].

Основной задачей работы является построение мультипликативной модели временного ряда заболеваемости болезнями глаза и его придаточного аппарата среди населения Приморского края. Мультипликативные модели временных рядов позволяют эффективно выделять и анализировать трендовую, сезонную и случайную компоненты, что характерно для многих медицинских данных [8]. Более точное выделение компонент временного ряда позволяет выявлять скрытые закономерности в

динамике болезней, отделять эффект профилактических мер от естественных колебаний, строить более точные кратко- и среднесрочные прогнозы заболеваемости.

Для построения модели заболеваемости использованы официальные данные, представленных в ежегодных сборниках Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Приморскому краю (Приморскстат) за период с 2010 по 2024 годы [9]. В исследовании применялись следующие методы: корреляционный анализ (расчёт коэффициентов автокорреляции); метод скользящей средней; мультипликативное моделирование временных рядов; аналитическое выравнивание тренда; оценка качества модели через относительную ошибку.

Визуальный анализ динамического ряда показал уменьшение амплитуды колебаний во времени, что послужило основанием для выбора мультипликативной модели, в которой трендовая, сезонная и случайная компоненты перемножаются (см. рис. 1).

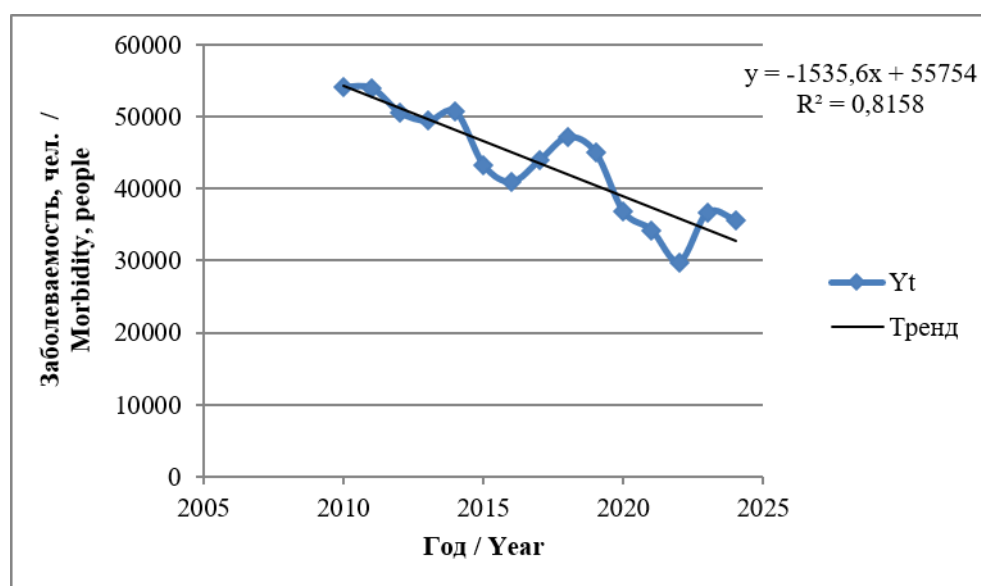


Рис. 1. Исходные данные заболеваемости населения Приморского края и линейный тренд

Для выявления структуры временного ряда рассчитаны коэффициенты автокорреляции. Максимальный рассматриваемый лаг составил 4. Наиболее высоким и близким к единице оказался первый коэффициент автокорреляции, что свидетельствует о наличии выраженной

тенденции. Постепенное убывание значений коэффициентов с увеличением лага указывает на наличие слабой сезонной компоненты. Графически коэффициенты автокорреляции представлены в виде коррелограммы (см. рис. 2).

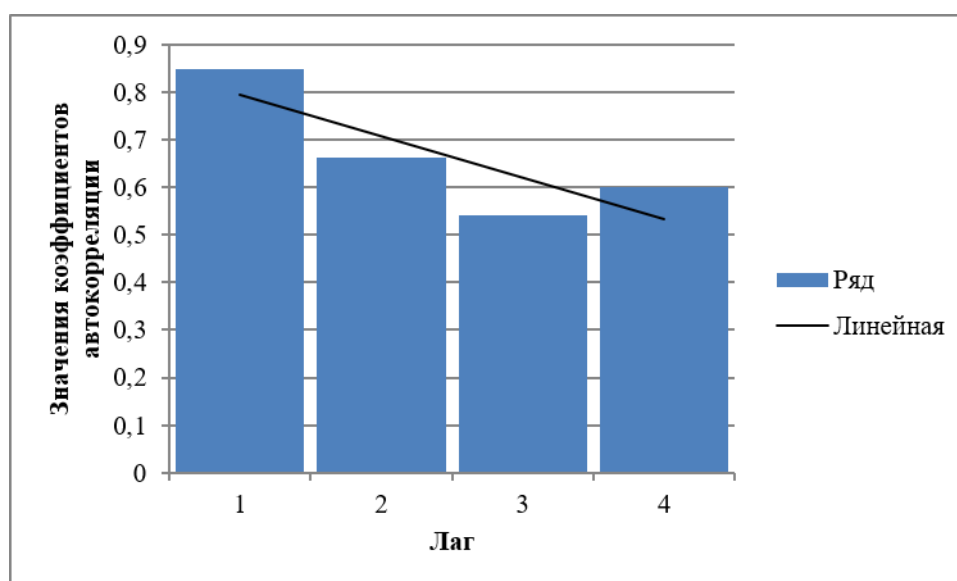


Рис. 2. Коррелограмма

Таблица 1. Коррелограмма временного ряда заболеваемости населения

Лаг	Коэффициент автокорреляции	Интерпретация (по шкале Чеддока)
1	0,85	Высокая связь между соседними уровнями, что указывает на наличие тренда.
2	0,66	Связь заметная.
3	0,54	Связь заметная.
4	0,6	Связь через 4 года все еще заметная, что может указывать на сезонность, но она не доминирует над трендом.

Таким образом, мультипликативная модель включает три компоненты:

$$Y_t = T_t \cdot S_t \cdot E_t,$$

где Y_t – наблюдаемое значение заболеваемости в момент времени t ; T_t – трендовая

компонента; S_t – сезонная компонента; E_t – случайная компонента.

Алгоритм построения мультипликативной модели:

1. Выравнивание уровней исходного ряда методом скользящей средней.

Таблица 2. Расчет оценок сезонной компоненты в мультипликативной модели

Год	Данные	Итого за 4 года	Скользящая средняя за 4 года	Центрированная скользящая средняя	Оценка сезонной компоненты
2010	54162				
2011	53964	208113	52028,25		
2012	50572	204591	51147,75	51588	0,9803055
2013	49415	193853	48463,25	49805,5	0,9921595
2014	50640	184205	46051,25	47257,25	1,07158161
2015	43226	178697	44674,25	45362,75	0,95289637
2016	40924	175185	43796,25	44235,25	0,92514454
2017	43907	176978	44244,5	44020,38	0,99742449
2018	47128	172828	43207	43725,75	1,07780884
2019	45019	163150	40787,5	41997,25	1,07195114
2020	36774	145809	36452,25	38619,88	0,95220401
2021	34229	137422	34355,5	35403,88	0,96681507
2022	29787	136312	34078	34216,75	0,87053855
2023	36632	102083			
2024	35664	72296			

1. Расчёт значений сезонной компоненты. После получения средних оценок сезонности проведена проверка: для мультипликативной модели сумма средних оценок сезонности должна равняться числу периодов. Полученная приблизительная сумма была скорректирована с помощью корректирующего коэффициента, после чего итоговая сумма значений сезонной компоненты стала строго равна 4.

2. Устранение сезонной компоненты из исходных уровней ряда: расчёт $T_t \cdot E_t = Y_t / S_t$.

3. Аналитическое выравнивание уровней $T_t \cdot E_t$ и расчёт трендовой компоненты t на основе уравнения тренда.

4. Расчёт модельных значений $T_t \cdot S_t$.

5. Оценка точности модели с помощью расчёта относительной ошибки.

Полученное значение относительной ошибки составило около 10%, что свидетельствует о высокой адекватности модели. Это означает, что модель практически полностью описывает изменения исходного ряда, а случайная компонента действительно носит хаотический характер и не оказывает значимого влияния на Y_t (см. рис. 3).

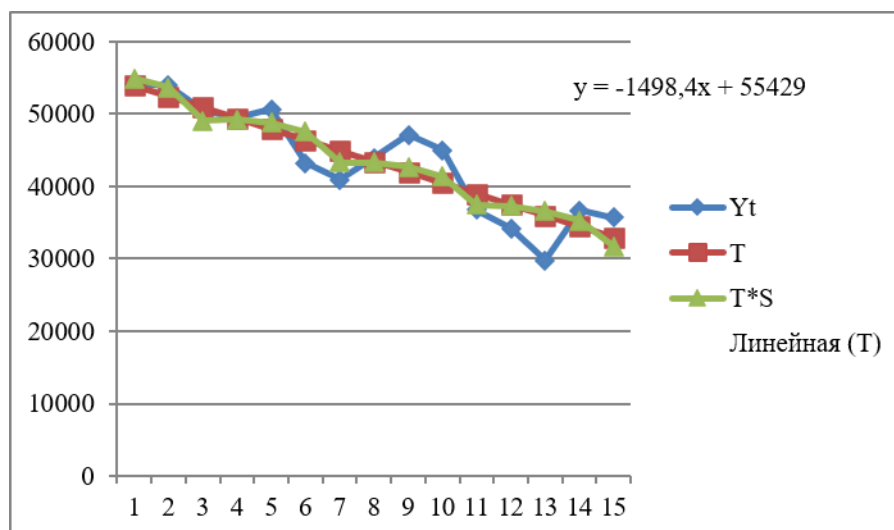


Рис. 3. Фактические и выравненные по мультипликативной модели значения уровней ряда

Построенная мультипликативная $Y_t = (55429 - 1498,4 \cdot t) \cdot S_t \cdot E_t$ модель позволяет не только описать многолетнюю динамику заболеваемости, но и дать обоснованный краткосрочный прогноз.

Трендовая компонента имеет устойчивый отрицательный характер, что может объясняться:

- внедрением современных методов лечения;
- увеличением числа офтальмологических клиник в регионе;
- совершенствованием ранней диагностики заболеваний глаза.

Сезонная компонента демонстрирует сглаженные пики, что указывает на улучшение контроля сезонных инфекций и аллергических

заболеваний глаз, а также на эффективную профилактическую работу.

Случайная компонента отражает влияние факторов случайного характера, что подтверждено в процессе построения модели.

Разработанная мультипликативная модель временного ряда заболеваемости болезнями глаза и его придаточного аппарата обладает высокой точностью и может быть рекомендована для описания динамики и прогнозирования показателей заболеваемости в Приморском крае.

Перспективы исследования заключаются в следующем:

- расширение временного периода для повышения точности прогноза;
- учёт дополнительных факторов (экология, социально-экономические показатели);
- сравнение с данными других регионов.

Библиографический список

1. Заболотный А.Г., Миргородская М.Е., Сиюхова Ф.Ш. Структура заболеваемости органа зрения по обращаемости среди городского трудоспособного населения // Современные проблемы науки и образования. – 2024. – №2. – С. 88-95. – DOI: <https://doi.org/10.17513/spno.33354>.
2. Мовсисян А.Б., Куроедов А.В., Архаров М.А., Прохоренко В.В., Чепурнов И.А. Эпидемиологический анализ заболеваемости и распространенности первичной открытоугольной глаукомы в Российской Федерации // РМЖ. Клиническая офтальмология. – 2022. – Т. 22. № 1. – С. 3-10. – DOI: 10.32364/2311-7729-2022-22-1-3-10.
3. Талипова А.И., Толмачев Д.А. Анализ причин снижения остроты зрения во время образовательного процесса у студентов медицинского вуза // Дневник науки. – 2025. – № 1 (97).
4. Бадимова А.В. Медико-социальные, экономические и организационные аспекты диспансерного наблюдения пациентов с офтальмологическими заболеваниями в субъекте Российской Федерации: диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук. – Москва, 2022. – 252 с.

5. Гузенко А.Г., Багрянцев В.Н., Ващенко В.В. Подходы к моделированию «HOTSPOTS» медицинских событий на урбанизированных территориях // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2025. – № 1-3 (100). – С. 38-42. – DOI: 10.24412/2500-1000-2025-1-3-38-42.
6. Гузенко А.Г., Кучерова С.В., Ващенко В.В. Моделирование уровня заболеваемости болезнями органов дыхания населения Приморского края // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2024. – № 9-3 (96). – С. 158-162. – DOI: 10.24412/2500-1000-2024-9-3-158-162.
7. Гузенко А.Г., Локша А.В. Алгоритм исследования потребительских предпочтений на рынке медицинских услуг // Маркетинг в России и за рубежом. – 2022. – № 6. – С. 62-70.
8. Егоров Д.Б., Захаров С.Д., Егорова А.О. Современные методы анализа и прогнозирования временных рядов и их применение в медицине // Врачи и информационные технологии. – 2020. – № 1. – С. 21-26. – DOI: 10.37690/1811-0193-2020-1-21-26.
9. Официальный сайт Приморскстата. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://25.rosstat.gov.ru/>.

ANALYSIS OF LONG-TERM DYNAMICS OF DISEASES OF THE EYE AND ITS ADAPTIVE APPARATUS USING A MULTIPLICATIVE TIME SERIES MODEL

A.G. Guzenko, *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*
V.V. Vashchenko, *Senior Lecturer*
V.I. Vasileva, *Senior Lecturer*
Pacific State Medical University
(Russia, Vladivostok)

Abstract. *The long-term dynamics of the incidence of diseases of the eye and its adnexa among the population of Primorsky Territory were analysed, and a multiplicative time series model was constructed. The incidence dynamics show a steady downward trend. The seasonal component is weakly expressed and smoothed, which indicates the effectiveness of preventive measures. The constructed multiplicative model has a high predictive capacity and can be used for planning ophthalmological care in Primorsky Territory.*

Keywords: *statistical data; morbidity; eye diseases; time series; the multiplicative model; seasonality; the trend.*