

Научная статья

УДК 630*43(571.6); DOI: 10.61260/2307-7476-2024-2-13-18

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ КОЛИЧЕСТВА ПОЖАРОВ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ

✉ **Гаранина Инна Анатольевна.**

Дальневосточная пожарно-спасательная академия, г. Владивосток, Россия

✉ *exponenta09@mail.ru*

Аннотация. Представлены некоторые методы анализа нестационарных временных рядов на примере показателя «количество пожаров» по статистическим данным в Приморском крае за пять лет, даны рекомендации для построения прогнозных моделей.

Ключевые слова: статистика, временной ряд, линейная регрессия, тренд, коэффициент сезонности, ряд Фурье

Для цитирования: Гаранина И.А. Оценка динамики количества пожаров в Приморском крае // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2024. № 2 (50). С. 13–18. DOI: 10.61260/2307-7476-2024-2-13-18.

Scientific article

ASSESSMENT OF THE DYNAMICS OF THE NUMBER OF FIRES IN THE PRIMORSKY TERRITORY

✉ **Garanina Inna A.**

Far eastern fire and rescue academy, Vladivostok, Russia

✉ *exponenta09@mail.ru*

Abstract. Some methods of analyzing non-stationary time series are presented using the example of the indicator «number of fires» according to statistical data in the primorsky territory for five years, recommendations are given for building predictive models.

Keywords: statistics, time series, linear regression, trend, seasonality coefficient, fourier series

For citation: Garanina I.A. Assessment of the dynamics of the number of fires in the Primorsky territory // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty) = Natural and man-made risks (physico-mathematical and applied aspects). 2024. № 2 (50). P. 13–18. DOI: 10.61260/2307-7476-2024-2-13-18.

Введение

Статистика пожаров ведется с целью проведения анализа обстоятельств их возникновения и принятия решений в соответствии с законодательством, прогнозирования кризисных явлений, а также для разработки и проведения упреждающих мероприятий по обеспечению безопасности людей, сохранности материальных ценностей от огня и созданию благоприятных условий для тушения пожаров.

Количество пожаров – это последовательность наблюдений в разные моменты времени, представляющая собой временной ряд. Цель анализа временного ряда – выявить закономерности в изменениях и сделать прогноз на будущее.

В аналитическом материале [1] представлены основные показатели, характеризующие состояние пожарной безопасности: количество пожаров, погибших и травмированных людей. Особый интерес представляет оценка обстановки с пожарами за последние пять лет, которая в наиболее общем виде может быть оценена по показателю «количество пожаров в год, по месяцам».

Методы исследования

Одним из методов анализа временных рядов является исследование ряда на стационарность. Стационарность – это свойство временного ряда, указывающее на неизменность его среднего значения и стандартного отклонения во времени, значит, его легко анализировать и прогнозировать [2]. Один из способов проверки – построение графика.

Статистика по числу пожаров в Приморском крае за пять лет представлена на рис. 1.

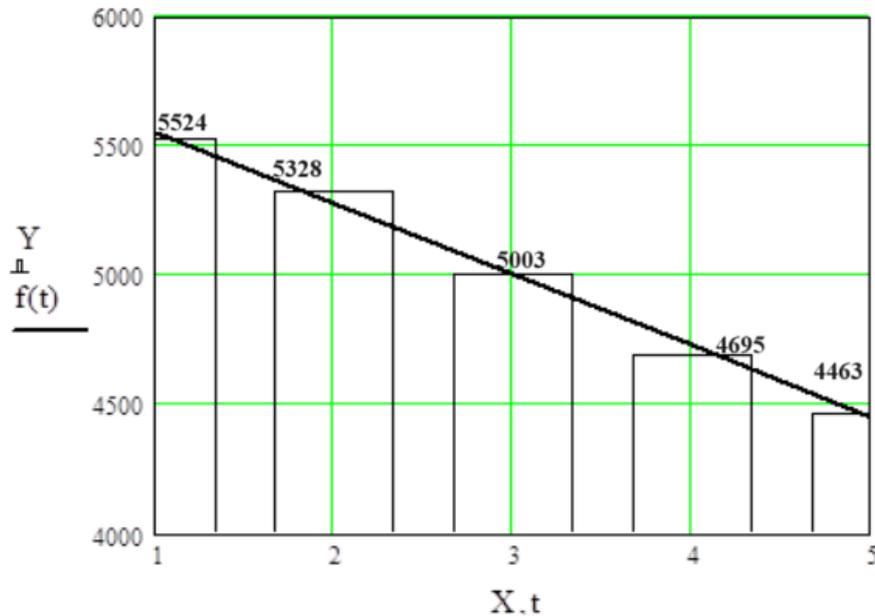


Рис. 1. Среднегодовые значения числа пожаров за пять лет:
Y – число пожаров в год; X, t – номер года

По графику видно, что временной ряд не стационарный, так как имеет явный тренд на снижение показателя. Приближение данных ряда линейной функцией вида: $f(t) = b + a \times t$ проводилось в пакете программ MathCad [3, 4]. Коэффициенты линейной регрессии вычислялись по алгоритму, реализующему «метод наименьших квадратов». Так, угловой коэффициент оцененной линии: $a = -275,5$ – по сути это скорость убыли числа пожаров в год. На рис. 1 показана линейная регрессия вида:

$$f(t) = 5829 - 275,5 \times t. \quad (1)$$

Для приближения (1) коэффициент детерминации $R^2 = 0,9941$, что говорит о возможности применения данной модели для решения задач о прогнозировании числа пожаров на год – два вперед.

Если детализировать статистику с интервалом в один месяц, то картина в целом меняется. На рис. 2 представлены средние значения числа пожаров по месяцам за последние пять лет в Приморском крае.

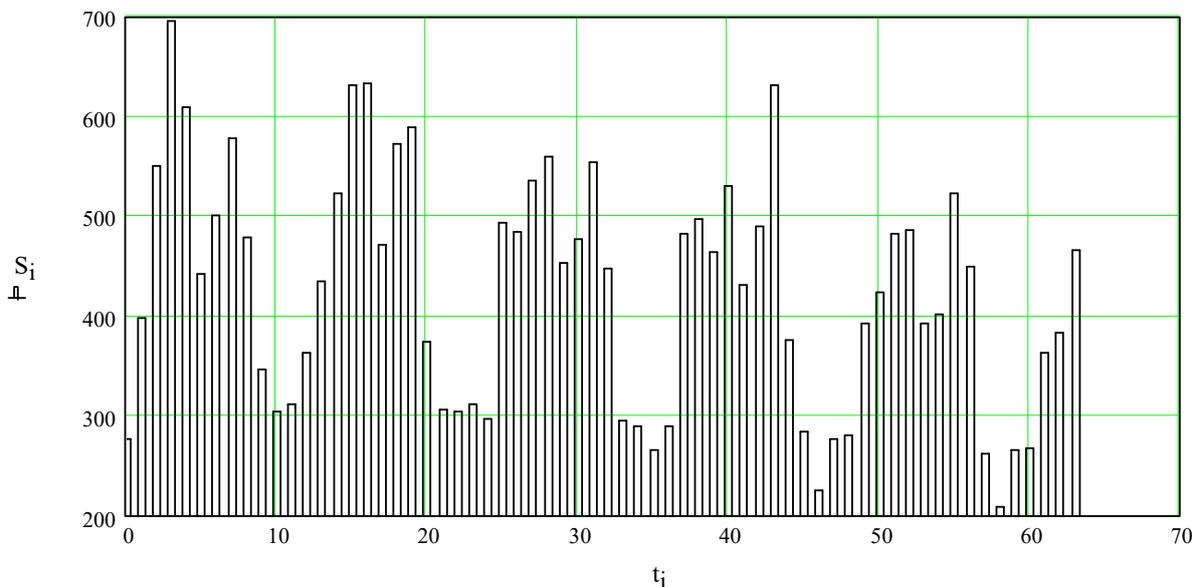


Рис. 2. Распределение количества пожаров по месяцам за пять лет:
 S_i – среднее число пожаров в месяц; t_i – номер месяца

Как видно из рис. 2, линейный тренд отсутствует. Внутри каждого года есть явные максимумы в определенные месяцы, так проявляется «сезонность» как периодическое колебание. Сезонные компоненты существенно влияют на точность прогноза, помогают выявить аномалии. Коэффициент сезонности показывает как увеличивается или уменьшается число пожаров за месяц. Средние значения коэффициентов сезонности числа пожаров за пять лет (K_s) представлены в таблице и на рис. 3. Расчёт проводился классическим методом среднего [2].

Таблица

Коэффициенты сезонности по месяцам года

K_s	1,28	1,03	1,15	1,45	1,02	0,71	0,61	0,66	0,71	1,02	1,12	1,24
t_s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

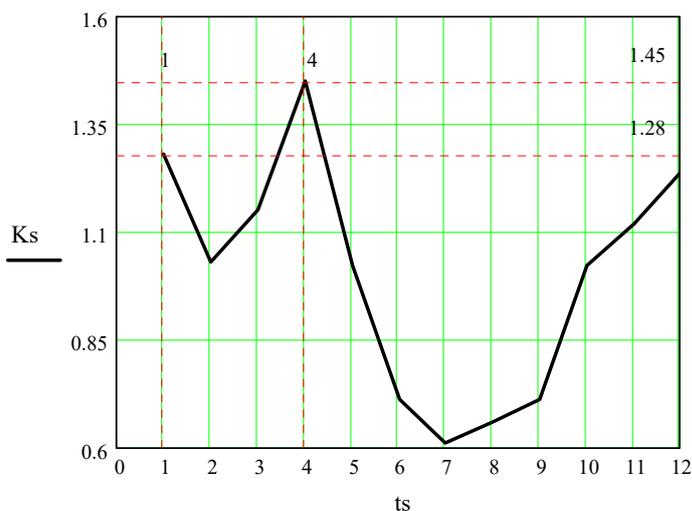


Рис. 3. Средние значения коэффициентов сезонности по месяцам за пять лет

На январь и апрель приходятся самые высокие значения коэффициента – 1,28 и 1,45 соответственно, что следует учитывать при построении прогнозных моделей числа пожаров.

Для спектрального анализа был взят исходный временной ряд на рис. 2, состоящий из 64 значений числа пожаров с интервалом дискретизации в один месяц. Дальнейшая оценка динамики числа пожаров проводилась с применением эффективного алгоритма – быстрое преобразование Фурье (БПФ), реализованное в MathCad [5]. Ряды Фурье успешно применяются в исследовании динамики пожаров [6, 7].

БПФ – быстрый алгоритм переноса сведений о функции, заданной 2^m (где m – целое число) отсчетами во временной области, в частотную область. Результатом будет вектор F размерности $1 + 2^{m-1}$ с комплексными элементами – отсчетами в частотной области. Фактически действительная и мнимая части вектора есть коэффициенты Фурье, что существенно упрощает их получение. На рис. 4 показан Фурье-образ (модуль Фурье-спектра F_i , значения частот Ω_i) исходного «сигнала» и коэффициенты F_x ряда Фурье.

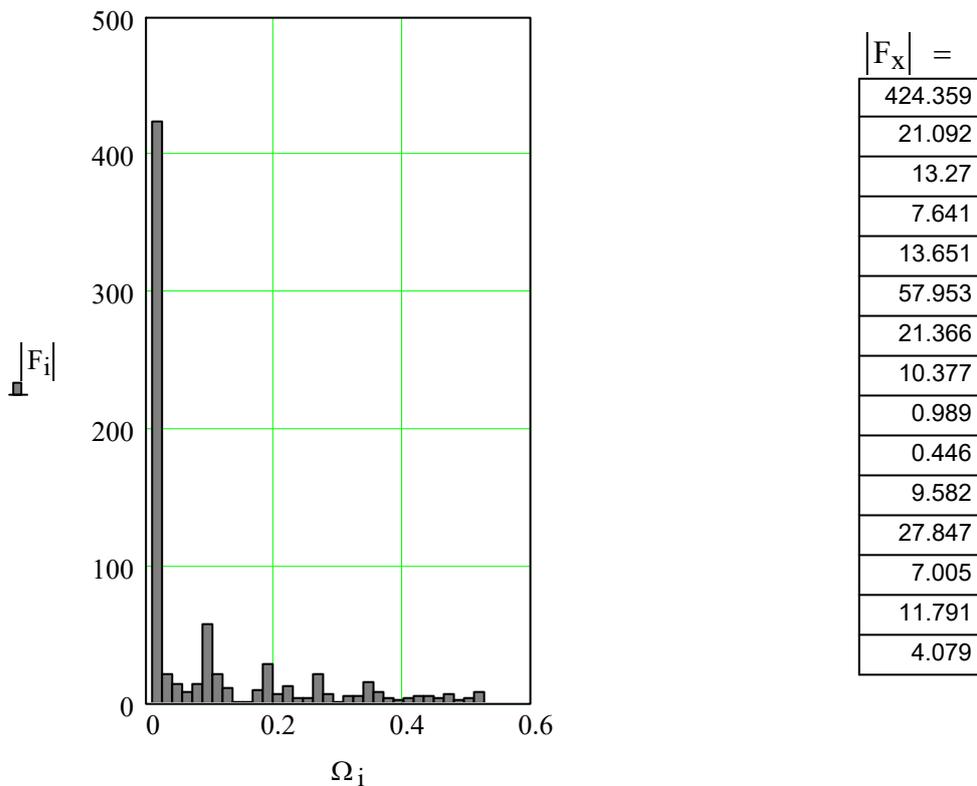


Рис. 4. Прямое преобразование Фурье

При моделировании спектра периодического сигнала в пакете программ Mathcad достаточно знать выражения для коэффициентов ряда Фурье и задать требуемое количество анализируемых гармоник.

Решая обратную задачу, делаем спектральный синтез и восстанавливаем исходные данные. На этом этапе есть выбор количества гармоник. Так, на рис. 5 представлено обратное преобразование Фурье для шести гармоник.

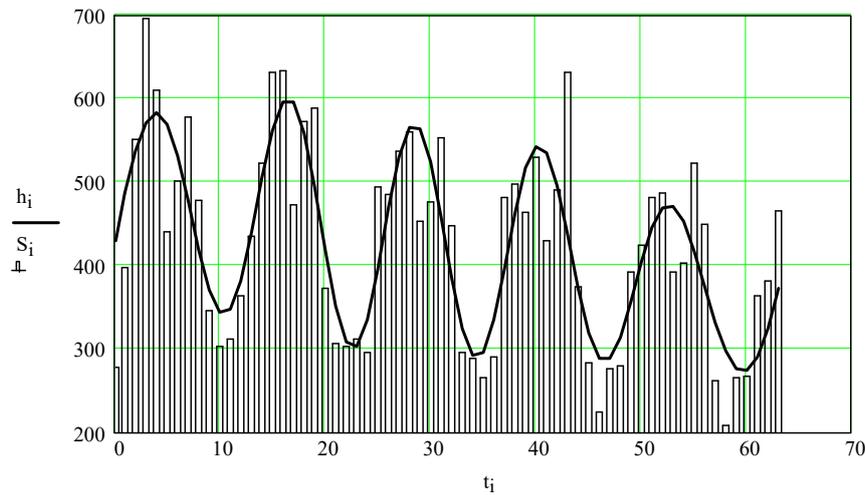


Рис. 5. Исходный временной ряд S_i и обратное преобразование Фурье h_i для шести гармоник

На графике видно только один пик, приходящийся на первый месяц года. Чтобы получить второй, а это четвертый месяц, необходимо для синтеза взять 20 гармоник. Результат показан на рис. 6.

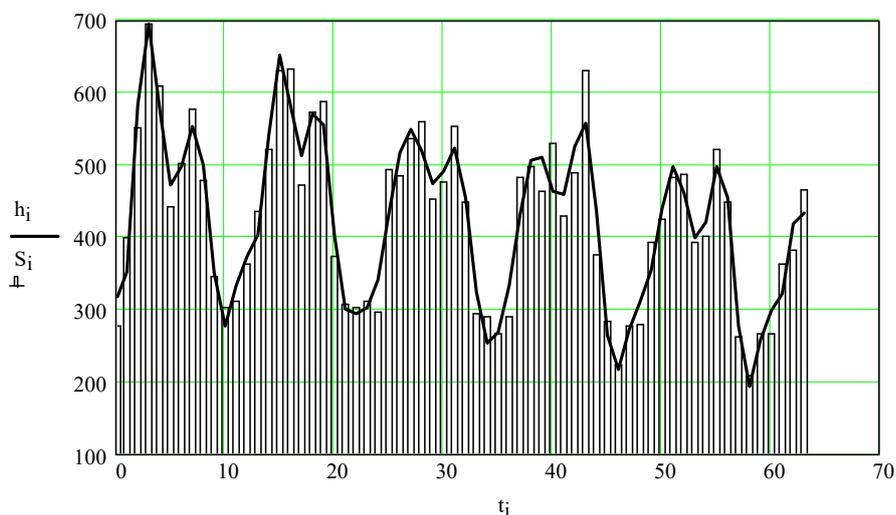


Рис. 6. Исходный «сигнал» S_i и обратное преобразование Фурье h_i для 20 гармоник

Расчет коэффициента детерминации R^2 для рядов Фурье с 6 и 20 гармониками составил 0,8947 и 0,9813 соответственно. Особенности сезонных компонент следует учитывать в количестве гармонических составляющих ряда Фурье.

Заключение

Анализ динамики числа пожаров за пять лет в Приморском крае позволил выявить следующие особенности:

- временной ряд на данном интервале (пять лет) имеет тенденцию к снижению со скоростью 275 пожаров в год;
- детализация с шагом в один месяц показала наличие «сезонности», а именно, высокие значения коэффициента сезонности в январе и апреле – 1,28 и 1,45 соответственно;
- спектральное разложение с применением алгоритма БПФ дает значение коэффициентов ряда Фурье, а спектральный синтез позволил получить исходные данные, используя от 6 до 20 гармоник с достаточно высокими коэффициентами детерминации.

Все вышеперечисленные особенности для данного региона могут быть рекомендованы для более точного прогнозирования будущих значений числа пожаров.

Список источников

1. Пожары и пожарная безопасность в 2022 году: информ.-аналит. сб. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2023. 80 с.
2. Сажин Ю.В., Катунь А.В., Сарайкин Ю.В. Анализ временных рядов и прогнозирование: учеб. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2013. 192 с.
3. Охорзин В.А. Компьютерное моделирование в системе Mathcad. М.: Финансы и статистика, 2006. 144 с.
4. Воскобойников Ю.Е. Статистический анализ экспериментальных данных в пакетах MathCAD и Excel: учеб. пособие для вузов. СПб.: Лань, 2021. 212 с.
5. Витязев В.В. Спектрально-корреляционный анализ равномерных временных рядов. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2001.
6. Крюкова М.С., Тарасова О.Ю., Фоминых А.А. Исследование динамики погибших при пожарах с помощью рядов Фурье // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2015. № 4 (16). С. 41–46.
7. Крюкова М.С., Кирпичникова А.А. Автоматизация процесса прогнозирования числа погибших при пожарах с помощью рядов Фурье // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2017. № 4 (24). С. 9–12.

References

1. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2022 godu: inform.-analit. sb. Balashiha: FGBU VNIPO MCHS Rossii, 2023. 80 s.
2. Sazhin Yu.V., Katyn' A.V., Sarajkin Yu.V. Analiz vremennyh ryadov i prognozirovaniye: ucheb. Saransk: Izd-vo Mordov. un-ta, 2013. 192 s.
3. Ohorzin V.A. Komp'yuternoe modelirovanie v sisteme Mathcad. M.: Finansy i statistika, 2006. 144 s.
4. Voskoboynikov Yu.E. Statisticheskij analiz eksperimental'nyh dannyh v paketah MathCAD i Excel: ucheb. posobie dlya vuzov. SPb.: Lan', 2021. 212 s.
5. Vityazev V.V. Spektral'no-korrelyacionnyj analiz ravnomernyh vremennyh ryadov. SPb.: Izd-vo SPbGU, 2001.
6. Kryukova M.S., Tarasova O.Yu., Fominyh A.A. Issledovanie dinamiki pogibshih pri pozharah s pomoshch'yu ryadov Fur'e // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty). 2015. № 4 (16). S. 41–46.
7. Kryukova M.S., Kirpichnikova A.A. Avtomatizaciya processa prognozirovaniya chisla pogibshih pri pozharah s pomoshch'yu ryadov Fur'e // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty). 2017. № 4 (24). S. 9–12.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 24.04.2024; одобрена после рецензирования: 15.05.2024; принята к публикации: 19.05.2024

Information about the article:

The article was submitted to the editorial office: 24.04.2024; approved after review: 15.05.2024; accepted for publication: 19.05.2024

Информация об авторах:

Гаранина Инна Анатольевна, преподаватель кафедры естественно-научных и специальных дисциплин Дальневосточной пожарно-спасательной академии (690922, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 27), e-mail: exponenta09@mail.ru

Information about the authors:

Garanina Inna A., lecturer at the department of natural sciences and special disciplines of Far eastern fire and rescue academy (690922, Primorsky krai, Vladivostok, Russian island, Ajax village, 27), e-mail: exponenta09@mail.ru