

УДК 330.46

## ВЫБОР МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОЖАРНОЙ ОБСТАНОВКИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Кандидат физ.-мат. наук *Л.Р. Борисова*

Финансовый университет при Правительстве РФ, Московский физико-технический институт (государственный университет)

Доктор сельхоз. наук, кандидат техн. наук *Ю.В. Подрезов*

ФБГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)

Московский физико-технический институт

*Представлены результаты анализа моделей прогноза пожарной обстановки в Российской Федерации и прогноз на 2019 год по наилучшей (с точки зрения статистической адекватности) модели.*

*Приведены результаты статистического анализа данных по динамике пожаров в РФ и обоснование выбора лучшей прогностической модели.*

**Ключевые слова:** регрессия, корреляция, скользящая средняя, нормальное распределение.

## THE CHOICE OF THE MODEL TO PREDICT THE FIRE SITUATION IN THE RUSSIAN FEDERATION

Ph.D. (Phys.-Mat.) *L.R. Borisova*

Financial University under the Government of RF, Moscow Institute of physics and technology (state University)

Dr. of agricultural sciences, Ph.D (Tech) *J.V. Podrezov*

FC VNII GOCHS EMERCOM of Russia

Moscow Institute of physics and technology (state University)

*The article presents the analysis of models of forecast of the fire situation in the Russian Federation and forecast to 2019 at best (from the point of view of statistical adequacy) of the model.*

*The results of statistical analysis of data on the dynamics of fires in the Russian Federation and the rationale for choosing the best predictive model are presented.*

**Keywords:** regression, correlation, moving average, normal distribution.

По данным Центра пожарной статистики КТИФ на 1 миллион человек в России при пожарах погибает более 100 человек, что в 6 раз больше, чем в США. При этом количество пожаров в год на 1 миллион человек по России составляет около 2000. Вместе с тем число пожаров в нашей стране каждый год сокращается, что свидетельствует о сокращении ветхого жилья в стране, уменьшении использования при строительстве взрывоопасных материалов, повышении грамотности населения и хорошей работе МЧС России.

Однако, так как гибель людей при пожарах остается достаточно высокой, целесообразно решать проблему снижения смертности при пожарах (а, в перспективе полного предотвращения гибели людей).

Анализ моделирования динамики количества пожаров является весьма актуальной задачей для прогноза на будущее пожарной обстановки.

Были проведены исследования по статистическому анализу данных по количеству пожаров, представленных на сайте [1].

К классическим методам, требующим нормальности исходных данных, относятся регрессионный и дисперсионный анализы. Для того, чтобы корректно использовать параметрические методы, необходимо преодолеть как минимум две проблемы, связанные с исходными последовательностями данных, представленных в виде временных рядов – нестационарность и отсутствие нормального распределения. Повлиять на стационарность входных последовательностей мы не можем, но попытаться приблизить их закон распределения к нормальному вполне возможно.

Данные для анализа, взятые с сайта представлены в табл. 1, приведенной ниже [1].

Таблица 1

**Данные для построения регрессионных моделей**

Год	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Количество пожаров, тысяч	239,2	233,2	229,8	220,5	212,6	202	187,6	179,5
Год	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Количество пожаров, тысяч	168,5	162,9	153,5	150,8	145,6	139,1	132,4	

Ранее в своих работах мы использовали способ проверки нормальности исходных данных, основанный на построении экспериментальной и теоретической квантилей [2,3,4]. На рис. 1 представлена такая проверка для данных из табл. 1. Из легенды рис. 1 следует, что коэффициент корреляции между теоретической и экспериментальной квантилями составляет 0,98. Так как коэффициент детерминации  $R^2$  равен 0,96, то только 4% данных по распространению пожаров не могут быть объяснены по рассмотренной выше модели. Таким образом, исходя из нормального распределения исходных данных (что вполне согласуется с центральной предельной теоремой, так как независимых причин возникновения пожаров очень много), можно использовать регрессионные модели.

Начнем прогноз с самой простой модели – модели линейной регрессии. На рис. 2 представлены результаты моделирования по данной модели. Модель с высоким коэффициентом корреляции сглаживает данные [1]. Следует отметить, что по критериям Фишера и Стьюдента данная модель статистически адекватная (F-статистика равна 695, значимость критерия равна  $5,43 \cdot 10^{-12}$ ; t - статистика равна 26,65, значимость критерия равна  $4,785 \cdot 10^{-12}$ ).

Представим динамику и прогноз количества пожаров с учетом доверительного интервала на следующем рис. 3.

Согласно линейной модели количество пожаров в 2018 году ожидается от 109,27 до 127,24 (тысяч). В 2019 году доверительный интервал для количества пожаров составляет от 101 до 119 (в тысячах).

По критерию Дарбина-Уотсона модель также статистически адекватна, то есть ряд данных можно отнести к стационарному ряду, автокорреляций нет. Количество пожаров в один год не зависит от того, сколько их было в предыдущий год. Сумма остатков ряда равна нулю, что также говорит в пользу статистической адекватности данной модели.

Проверим, не улучшит ли прогноз использование метода экспоненциального сглаживания данных. Как видно из рис. 4, модель хорошо аппроксимирует экспериментальные данные.



Рис. 1. Обоснование нормальности распределения анализируемого временного ряда



Рис. 2. Динамика количества пожаров (в тысячах) в Российской Федерации

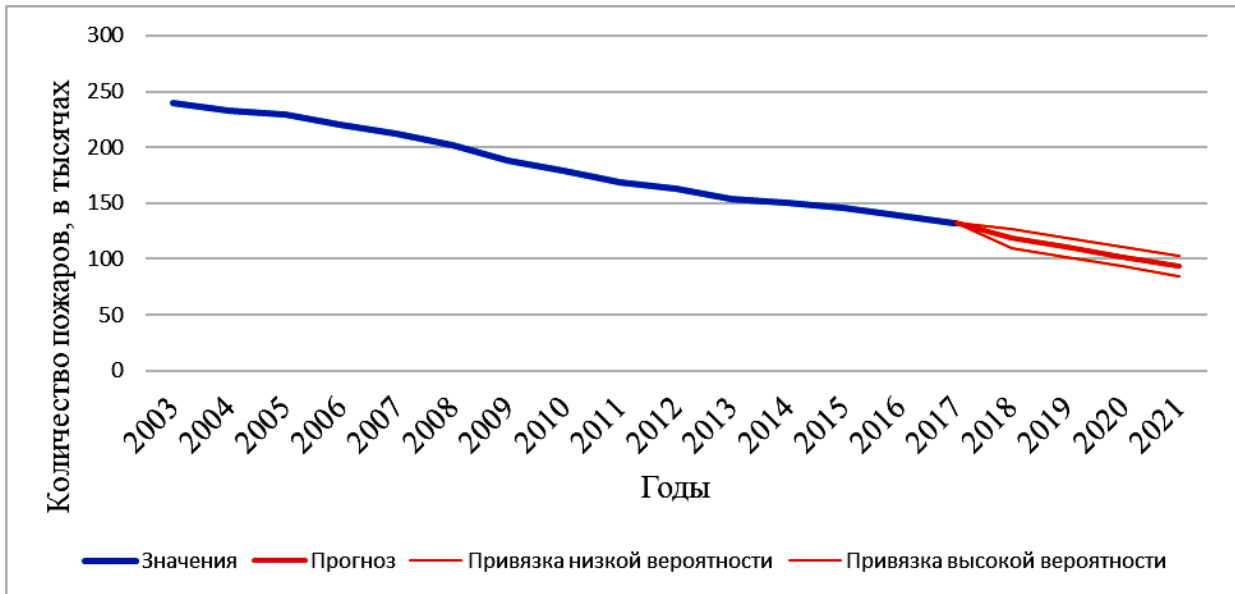


Рис. 3. Прогноз количества пожаров с учетом доверительного интервала



Рис. 4. Прогноз количества пожаров по модели экспоненциального сглаживания

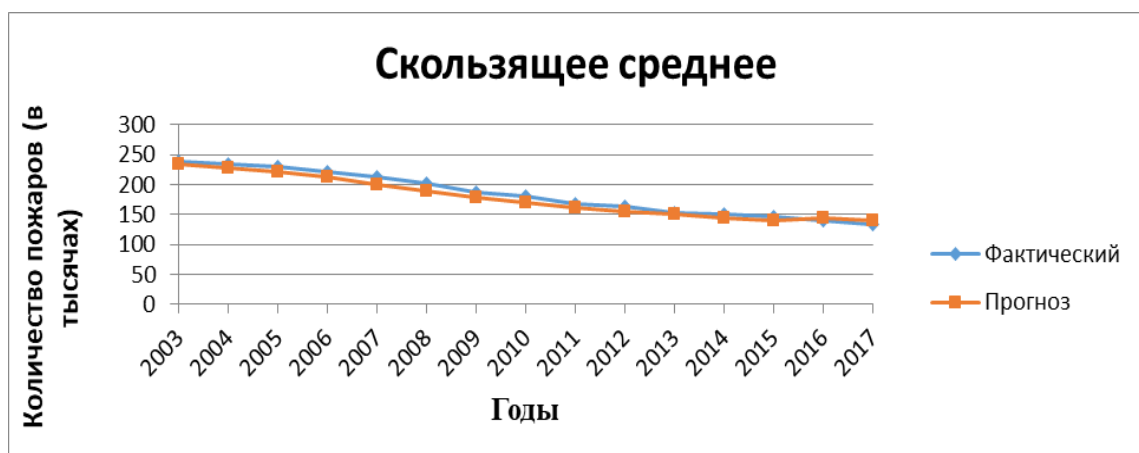


Рис. 5. Прогноз количества пожаров по модели скользящей средней

Сравнивая линейную и экспоненциальную аппроксимацию, визуально трудно отдать предпочтение какой-то из них. Согласно модели экспоненциального сглаживания, в 2018 году прогнозируется 135,18 тысяч пожаров, что несколько больше, чем по линейной модели.

Аппроксимируем данные на основе модели скользящей средней. Данные аппроксимации представлены на рис.5.

Согласно модели скользящей средней, доверительный 95%-интервал для количества пожаров в 2017 составляет от 114,6 до 132,76 тысяч пожаров, в 2019 году от 104,6 до 127,1 тысяч пожаров в год.

Полученные результаты подтверждают необходимость при прогнозировании использовать весь имеющийся статистический аппарат обработки данных, обязательную проверку моделей на статистическую адекватность для возможного использования изученных моделей при разработке моделей прогноза пожарной обстановки в регионах РФ.

### Литература

1. <http://www.fire-org>.
2. Подрезов Ю.В., Борисова Л.Р., Донцова О.С. Исследование динамики количества биолого-социальных чрезвычайных ситуаций.- М.: Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. - 2017. № 3. 104-110.
3. Борисова Л.Р. Исследование динамики количества техногенных чрезвычайных ситуаций, связанных с выбросом радиоактивных веществ и химически опасных веществ. - М.: Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. - 2016. № 2. 58-68.
4. Осипов А.Э., Борисова Л.Р. Применение методов одномерной и многомерной статистики для анализа чрезвычайных ситуаций. - М.: Технологии гражданской безопасности. - 2015. Т.12. № 2. С.50-53.

### Сведения об авторах

**Подрезов Юрий Викторович**, доцент, главный научный сотрудник научно-исследовательского центра ФГБУ ВНИИ ГЧС (ФЦ); заместитель заведующего кафедрой Московского физико-технического института (государственного университета). Тел.: 8-903-573-44-84; e-mail: uvp4@mail.ru;

**Борисова Людмила Робертовна**, доцент департамента анализа данных, принятия решений и финансовых технологий Финансового университета при Правительстве РФ; доцент кафедры «Высоких технологий в обеспечении безопасности жизнедеятельности» МФТИ (ГУ). Тел. 8-916-245-71-27 E-mail: borisovalr@mail.ru.