

*М.П. Базилевский*¹, *Р.А. Данеев*²

¹*Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация*

²*Восточно-Сибирский институт МВД России, г. Иркутск, Российская Федерация*

РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ КОЛИЧЕСТВА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. В работе рассмотрены проблемы моделирования лесных пожаров в Иркутской области по ежегодным данным с 2009 года. Лесные пожары наносят огромный ущерб природным и материальным ресурсам Российской Федерации, поэтому этой проблеме необходимо уделять первостепенное внимание, в том числе и их математическому моделированию. Одной из главных причин сложного положения с исследованиями лесных пожаров является отсутствие полноценной научной основы (базовой методологии) как для качественного, так и количественного анализа прогноза их возникновения, распространения и тушения. В работе в качестве основного инструмента математического моделирования и анализа данных рассматривается регрессионный анализ. Получена регрессионная модель в виде тригонометрической зависимости.

Ключевые слова: лесные пожары, математическое моделирование, регрессионный анализ.

*M.P. Bazilevsky*¹, *R.A. Daneev*²

¹*Irkutsk State University of Transport, Irkutsk, Russia*

²*East-Siberian Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Irkutsk, Russia*

REGRESSION MODEL OF THE QUANTITY OF FOREST FIRES IN THE IRKUTSK REGION

Abstract. The paper discusses the problem of modeling forest fires in the Irkutsk region according to annual data from 2009. Forest fires cause great damage to the natural and material resources of the Russian Federation; therefore, this problem should be given primary attention, including their mathematical modeling. One of the main reasons for the difficult situation with forest fire research is the lack of a comprehensive scientific basis (basic methodology) for both qualitative and quantitative analysis of the forecast of the occurrence, spread and suppression of forest fires. In this paper, regression analysis is considered as the main tool for mathematical modeling and data analysis. A regression model is obtained in the form of a trigonometric dependence.

Keywords: forest fires, mathematical modeling, regression analysis.

Лесные пожары — сезонный «бич» как Иркутской области, так и других регионов нашей страны. Они наносят огромный, часто невосполнимый, ущерб природным и материальным ресурсам Российской Федерации. Им стараются противостоять сотрудники служб лесного хозяйства, включая авиалесоохраны, структурные подразделения пожарной охраны, а также волонтеры экологических движений. Кроме того, с целью их тушения используются данные космомониторинга, а также самолеты и аппараты беспилотники, которые кружат над особо опасными районами. Однако зачастую не хватает ни материально-технического оснащения, ни должной координации работ. Следует отметить, что главная надежда в деле тушения лесных пожаров в настоящее время возлагается на «небесную канцелярию», что и понятно, учитывая огромную территорию региона и масштабы этого природного бедствия. Кроме того, лесные пожары — спутник деятельности «черных лесорубов», которые сами по себе наносят ущерб и природе, и экономике. Только за пять месяцев 2019 года были задержаны несколько десятков нарушителей. На 16 завели уголовные дела, в производстве находится 206 материалов доследственной проверки. Большой резонанс получил арест в начале июня 2019 года министра лесного комплекса Иркутской области С.В. Шеверды, подозреваемого в превышении должностных полномочий. Пресса много писала про коррупционные деяния в этой службе, включая криминальные лесные пожары.

В Прибайкалье с начала пожароопасного сезона 2019 года зарегистрировано более 600 пожаров на землях лесного фонда. Из них, как сообщает пресс-служба губернатора Иркутской области, 66 % возникли по вине местного населения. В то же время в специализированной литературе отмечается, что более 95 % лесных пожаров – следствие человеческого фактора.

В России с января по май 2018 года сгорело 952 тыс. га леса, что в три раза больше, чем за тот же период 2017 года. Данные 2019 года ничуть не лучше: на 13 мая на территории РФ огнем пройдено 836,2 тыс. га. Велось тушение пожаров на площади 41,4 тыс. га, еще на 13,6 тыс. га тушение было приостановлено или вовсе прекращено. Лидируют по показателю этой статистики субъекты Сибирского и Дальневосточного округов (таблица 1). В Иркутской области за пять месяцев 2019 года здесь огнем пройдено 49,6 тыс. га леса. Эта огромная цифра, но все познается в сравнении: в соседней Бурятии, например, сгорело 46,3 тыс. га, в Приморском крае — 60,3 тыс. га, в Забайкальском крае — 136 тыс. га, в Амурской области — 166 тыс. га, а в Хабаровском крае 200 тыс. га (рис. 1). В Забайкалье от пожаров пострадали 17 населенных пунктов в 13 районах края, причем, там люди не просто страдали от задымления, как в Иркутской области, а там сгорело 98 жилых домов, при этом более 400 человек потеряли имущество и кров.

Таблица 1. Площадь лесных пожаров

Регион	Площадь лесных пожаров, тыс. га
Республика Бурятия	46,3
Иркутская область	49,6
Приморский край	60,3
Забайкальский край	136
Амурская область	166
Хабаровский край	200

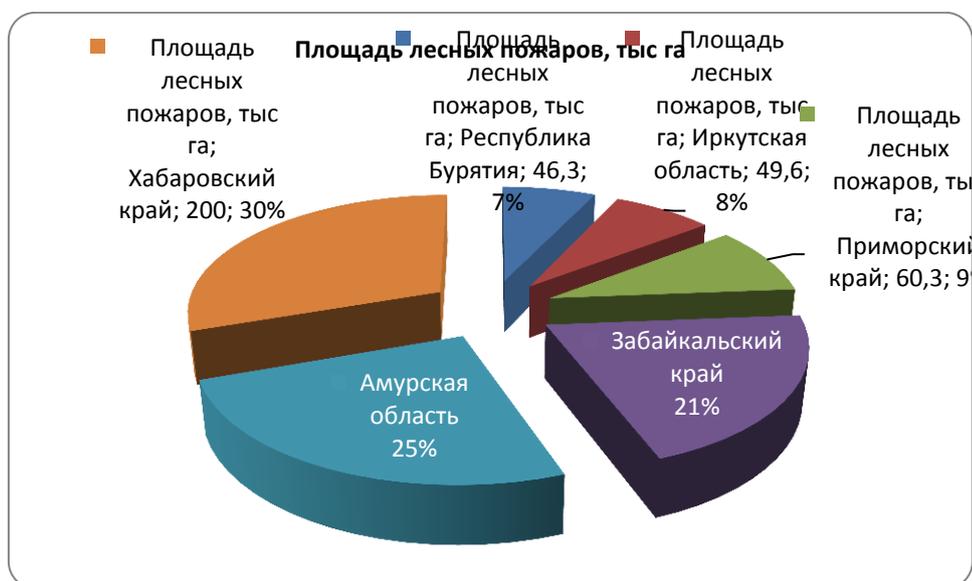


Рис. 1. Площадь лесных пожаров

Нельзя сказать, что ничего не делается для улучшения ситуации в лесной отрасли Приангарья. В прошлом году впервые в России в Прибайкалье реализован проект маркировки и электронного учета заготовленной древесины. Система «Лесрегистр» и база данных «ЛесЕГАИС» учитывает отчеты об использовании лесов, а также данные железной дороги по перевозимым объемам древесины. Лесозаготовки стали прозрачными,

19 контролировать рубки стало проще. Результат налицо: в 2018 году на 20% снизился экспорт круглых лесоматериалов, а валютная выручка выросла на 25%. В результате вывода лесного бизнеса из тени выросли налоговые поступления в бюджет региона от предприятий лесного комплекса — в полтора раза, если сравнивать с 2017 годом, и 3,4 раза, если брать для сравнения 2015 год.

Одной из главных причин сложного положения с лесными пожарами является отсутствие полноценной научной основы (базовой методологии) как для качественного, так и количественного анализа прогноза возникновения, распространения и тушения лесных пожаров, что сдерживает не только создания новых высокоэффективных способов борьбы с ними, но и затрудняет задачу оперативного определения оптимальных направлений для использования современных способов и средств их тушения. Например, в работах [1–3] можно найти описание некоторых попыток моделирования и прогнозирования пожаров. В данной работе, в качестве основного инструмента математического моделирования и анализа данных рассматривается регрессионный анализ [4–6]. При проведении такого анализа и построении моделей исследуемых объектов или процессов первоначально предполагается наличие двух групп анализируемых факторов: эндогенных (зависимых, выходных, объясняемых) и экзогенных (независимых, входных, объясняющих). Сущность регрессионного анализа заключается в выявлении возможной формализованной взаимосвязи между этими группами факторов и оценке значений неизвестных параметров. Такой подход может быть применен и для моделирования ситуации с лесными пожарами.

По данным МЧС, за последние 77 лет среднее количество лесных пожаров в Иркутской области составляет порядка 1,5 тыс. в год, при средней площади около 200 тыс. га. Официальные статистические данные с 2009 по 2018 год по количеству лесных пожаров в Иркутской области представлены в таблице 2. Причем последние три года площадь пожаров снижается.

Таблица 2. Статистика лесных пожаров в Иркутской области

Год	Количество пожаров	Пройдено огнем, тыс. га
2009	665	80,5
2010	830	48,7
2011	1771	156,8
2012	884	24,6
2013	692	27,1
2014	2143	770,8
2015	1537	395,7
2016	1205	743,9
2017	1061	284,5
2018	632	88,1

Построение регрессионной модели осуществлялось с использованием следующих переменных:

y – количество пожаров, значения которой представлены во втором столбце табл. 2;

t – переменная времени, принимающая значения 2009, 2010, ..., 2018.

Зависимость количества пожаров y от времени представлена t изображена на рис. 2 синим цветом.

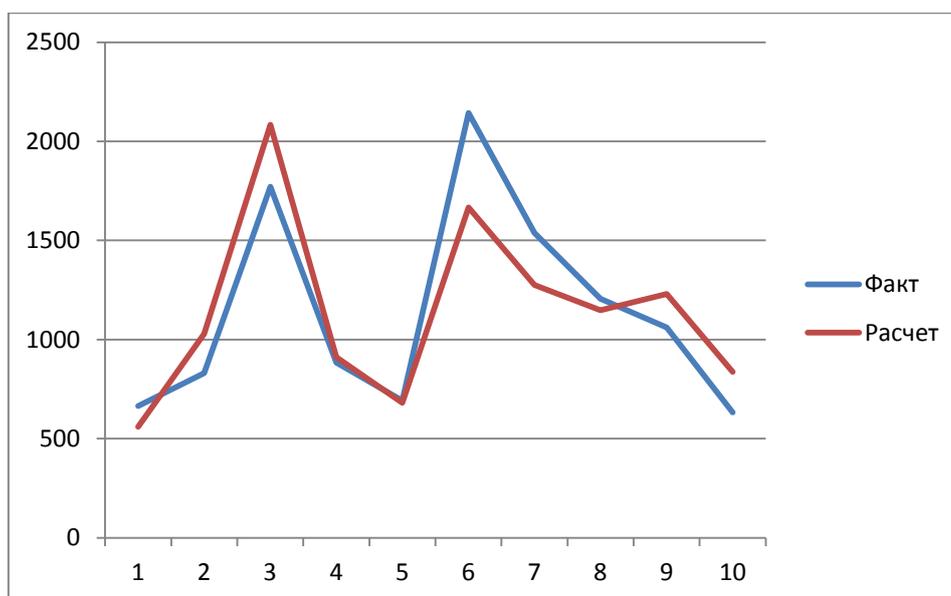


Рис. 2. Графики фактических и расчетных значений

Как видно, это зависимость не является линейной, причем, наблюдаются заметные колебания количества пожаров y в зависимости от времени t . Чтобы учесть эти колебания была выбрана следующая тригонометрическая спецификация регрессионной модели:

$$y_t = a_0 + a_1 \sin(b_1 t) + a_2 \cos(b_2 t) + \varepsilon_t, \quad t = \overline{2009, 2018}. \quad (1)$$

Поскольку модель (1) является нелинейной по неизвестным параметрам, то для её оценивания необходимо использовать нелинейный метод наименьших квадратов [7]. Для этого была использована методика, успешно примененная в работе [8]. В результате оценивания модель количества лесных пожаров в Иркутской области приняла вид

$$y_t^* = 1218,19 - 408,44 \sin(1,5831t) + 462,43 \cos(2,1427t). \quad (2)$$

Коэффициент детерминации регрессии (2) $R^2 = 0,7858$, т.е. модель на 78,58% объясняет вариацию зависимой переменной y . Это говорит о высоком качестве полученной тригонометрической зависимости. То же самое показывает график красного цвета на рис. 2 расчетных по модели (2) значений зависимой переменной y , которые отличаются от фактических значений на приемлемую величину.

Полученная модель показывает, что несмотря на определенные колебания с 2009 по 2019 годы, общее количество лесных пожаров в Иркутской области в последние 3 года уменьшается, и, по крайней мере, в краткосрочной перспективе эта тенденция сохранится.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Данеев А.В., Удилов Т.В., Русанов В.А. К методам оперативного прогнозирования фронта лесного пожара. I. // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. № 3, 2008. – С. 38-46.
2. Данеев А.В., Удилов Т.В., Русанов В.А. К методам оперативного прогнозирования фронта лесного пожара. II. // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. № 4, 2008. – С. 27-35.
3. Базилевский М.П., Носков С.И. Моделирование обстановки с пожарами в сельских населенных пунктах в условиях их газификации // Информационные технологии и проблемы математического моделирования сложных систем. – Иркутск : ИрГУПС, 2012. – Вып. 10. – С. 65-71.
4. Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика: Исследование зависимостей. – М.: Финансы и статистика, 1985. – 487 с.

5. Draper N.R., Smith H. Applied regression Analysis, 3rd edition. – John Wiley & Sons, 1998. – 736 p.
6. Дугерти К. Введение в эконометрику. – М. : Инфра-М, 2009. – 465 с.
7. Носков С.И., Базилевский М.П. Построение регрессионных моделей с использованием аппарат линейно-булевого программирования. – Иркутск : ИрГУПС, 2018. – 176 с.
8. Базилевский М.П. Разработка и исследование алгоритмов оценивания параметров аддитивной степенной регрессии // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2017. – № 4 (56). – С. 131-138.

REFERENCES

1. Daneev A.V., Udilov T.V., Rusanov V.A. To methods of operational forecasting of the front of a forest fire. I. // Modern technologies. System analysis. Modeling. Number 3, 2008. - pp. 38-46.
2. Daneev A.V., Udilov T.V., Rusanov V.A. To methods of operational forecasting of the front of a forest fire. II. // Modern technologies. System analysis. Modeling. № 4, 2008. - p. 27-35.
3. Bazilevskij M.P., Noskov S.I. *Modelirovanie obstanovki s pozharami v sel'skih naseleennykh punktah v usloviyah ih gazifikacii* [Modeling of the situation with fires in rural areas in the conditions of their gasification]. *Informacionnye tekhnologii i problemy matematicheskogo modelirovaniya slozhnykh system* [Information technologies and problems of mathematical modeling of complex systems]. Irkutsk, IrGUPS, 2012, no. 10, pp. 65-71.
4. Ajvazyan S.A., Enyukov I.S., Meshalkin L.D. *Prikladnaya statistika: Issledovanie zavisimostej* [Applied Statistics: Addiction Research]. Moscow, Finance and Statistics, 1985, 487 p.
5. Draper N.R., Smith H. Applied regression Analysis, 3rd edition. John Wiley & Sons, 1998, 736 p.
6. Dougerti K. *Vvedenie v ehkonometriku* [Introduction in Econometrics]. Moscow, Infra-M, 2009, 465 p.
7. Noskov S.I., Bazilevskij M.P. *Postroenie regressionnykh modelej s ispol'zovaniem apparat linejno-bulevogo programmirovaniya* [Construction of regression models using linear-boolean programming device]. Irkutsk, IrGUPS, 2018, 176 p.
8. Bazilevskij M.P. *Razrabotka i issledovanie algoritmov ocenivaniya parametrov additivnoj stepennoj regressii* [Development and research of algorithms for estimating additive power regression parameters] // *Sovremennye tekhnologii. Sistemyj analiz. Modelirovanie* [Modern technologies. System analysis. Modeling], 2017, no. 4, vol. 56, pp. 131-138.

Информация об авторах

Михаил Павлович Базилевский – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Математика», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: mik2178@yandex.ru

Роман Алексеевич Данеев – к.т.н., преподаватель кафедры «Информационно-правовых дисциплин», Восточно-Сибирский институт МВД России, г. Иркутск, e-mail: romasun@mail.ru

Authors

Mikhail Pavlovich Bazilevskiy – Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, the Sub-department of Mathematics, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: mik2178@yandex.ru

Roman Alekseevich Daneev - Ph.D. in Engineering Science, Lecturer, the Sub-department of Information and Legal Disciplines, East-Siberian Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Irkutsk, e-mail: romasun@mail.ru

Для цитирования

Базилевский М.П., Данеев Р.А. Регрессионная модель количества лесных пожаров в Иркутской области // «Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами»: электрон. науч. журн. – 2019. – №3. – С. 1-10 – Режим доступа: <http://ismm-irgups.ru/toma/34-2019>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ. (дата обращения: 20.11.2019)

For citations

Bazilevskiy M.P., Daneev R.A. Regression model of the quantity of forest fires in the Irkutsk region // *Informacionnyye tehnologii i matematicheskoe modelirovanie v upravlenii slozhnymi sistemami: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal* [Information technology and mathematical modeling in the management of complex systems: electronic scientific journal], 2019. No. 3. P. 1-10. [Accessed 20/11/19]