

П. М. Мазуркин, К. С. Блинова, А. В. Хазиев

АСИММЕТРИЧНЫЕ ВЕЙВЛЕТ-СИГНАЛЫ МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ

Ключевые слова: лесные пожары, количество, динамика 1995-2011 гг., закономерности, прогнозная модель, импульсы численности 2014 и 2017 гг..

Предложен способ разложения динамического ряда годичной численности лесных пожаров на основе выявления устойчивых волновых функций по ежегодным статистическим данным о лесных пожарах на территории Республики Марий Эл за период в 17 лет от 1995 до 2011 г. Подробно показана методика вейвлет-анализа с оценкой уровня тесноты факторной связи у многочленных биотехнических закономерностей, выявленных с последовательным усложнением их многочленной конструкции, в программной среде CurveExpert идентификацией устойчивых законов.

Keywords: forest fire, number, dynamics since 1995-2011 year, laws, the forecast model, the number of pulses in 2014 and 2017.

We propose a way of expanding the number of one-year time series of forest fires by identifying stable wave functions of annual statistics on forest fires in the territory of the Republic of Mari El in the period of 17 years from 1995 to 2011. Detail the technique of wavelet analysis to estimate the level of factor closely notes due in polynomial biotech patterns identified with a serial polynomial complexity of their designs in the software environment CurveExpert identification of stable laws.

Введение

С изменением климата лесные пожары становятся одной из ключевых экологических проблем в жизнедеятельности региона. При этом древесина горельников недостаточно используется, например, в химических технологиях переработки древесных материалов. Это происходит из-за того, что до сих пор не установлены закономерности динамики лесных пожаров, в частности по их годичной численности. А без таких закономерностей невозможно прогнозирование, хотя бы на следующий год, возможных объемов горелой древесины и состава технологических комплексов для их быстрой заготовки.

1. Исходные данные для моделирования

Исходные данные были приняты по статистическому сборнику [1, с.36] и газетной статье [2]. Из динамического ряда были исключены данные через пятилетние промежутки времени, так как для статистического моделирования нужны ежегодные сведения без пропусков. При этом известно [3], что статистика лесных пожаров имеет малую достоверность. Экологи оценивают площадь пожаров с помощью спутникового мониторинга. По словам Ярошенко, имея заниженную статистику, невозможно выйти на реальные меры по борьбе с пожарами. «Ни с каким бедствием нельзя бороться, если его масштабы не признаются», — сказал Ярошенко на заседании общественного совета Рослесхоза [3].

В разных источниках информации приводятся различающиеся между собой количественные данные. Поэтому погрешность измерений можно рассчитать только сопоставлением данных [1, 2] для 2002 (численность пожаров 372 и 341) и 2003 (соответственно 91 и 84) годов. Тогда погрешность исходных данных по лесным пожарам на территории Республики Марий Эл (РМЭ) будет равна 9,1 и 8,3%. Для сравнения у нас отсутствуют статистические

данные, полученные экологами лесной программы «Гринпис в России».

Итак, погрешность измерений и регистрации количества лесных пожаров на территории РМЭ достигает 10%. Поэтому и статистическое моделирование [4-6] нужно проводить не точнее уровня добротности таких исходных данных. Но, даже при этом, появляются волновые составляющие, которые дают закономерности с сильной теснотой связи. Исходные данные для статистического моделирования приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Лесные пожары по РМЭ

Год	Время t , лет	Кол-во N , шт.
1995	0	243
1996	1	285
1997	2	190
1998	3	158
1999	4	237
2000	5	82
2001	6	248
2002	7	372
2003	8	91
2004	9	111
2005	10	164
2006	11	218
2007	12	135
2008	13	92
2009	14	215
2010	15	461
2011	16	57

Покажем методику моделирования по ходу выявления биотехнической закономерности от простого уравнения к сложной конструкции с несколькими составляющими.

Минимальное количество 57 лесных пожаров произошло в 2011 году. При 10% погрешности измерений модель динамики должна иметь разброс по остаткам ε (абсолютной погрешности) не более $\pm 2,85$ шт.

В программной среде CurveExpert вначале выявляется тренд (тенденция) по экспоненциальному закону

$$N = 216,60360 \exp(-0,011708t) \quad (1)$$

В среднестатистическом смысле за 17 лет численность лесных пожаров медленно снижается. Однако адекватность такого вывода очень малая и коэффициент корреляции составляет всего 0,1012. Было заметно, что точки около линии размещаются волнообразно. И это позволяет идентифицировать параметры асимметричного вейвлет-сигнала [6].

2. Выявление формулы вейвлета

После объединения с трендом получили статистическую модель вида

$$N = 234,03777 \exp(-0,026520t) + 28,60375 \exp(0,00093741t^{2,88749}) \times \cos(\pi / 2,01884 - 4,26437) \quad (2)$$

Коэффициент корреляции 0,8154 выше уровня адекватности 0,7. Уравнение (2) получает сильную тесноту связью.

Любые природные и даже антропогенные процессы имеют четкий волновой характер. Но эти волны асимметричные по амплитуде и по частоте колебания. Поэтому любые гармоничные разложения классической математики неприменимы.

Остатки от (2) показали, что возможна идентификация второй волны возмущения численности лесных пожаров за 17 лет.

После объединения формулы (2) с вейвлет-сигналом получена (рис. 1) новая модель

$$N = N_1 + N_2 + N_3 \quad (3)$$

$$N_1 = 229,20297 \exp(-0,021082t),$$

$$N_2 = A_1 \cos(\pi / p_1 - 4,13279),$$

$$A_1 = 9,36840 \exp(0,0013898t^{2,88749}),$$

$$p_1 = 2,03196,$$

$$N_3 = A_2 \cos(\pi / p_2 + 4,62799),$$

$$A_2 = 0,0080773t^{12,20585} \exp(-1,78251t^{1,04491}),$$

$$p_2 = 0,91753 + 0,00017222t^{3,35680}.$$

В начале статистического ряда также наблюдается еще одна волна возмущения лесного ареала РМЭ.

3. Закономерность вейвлет-сигнала

Её дополнение к формуле (3) дало (рис. 1) общее четырехчленное уравнение

$$N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 \quad (4)$$

$$N_1 = 250,99827 \exp(-0,029961t),$$

$$N_2 = A_1 \cos(\pi / p_1 - 3,25929),$$

$$A_1 = 10,05431 \exp(0,0013759t^{2,88749}),$$

$$p_1 = 2,10848,$$

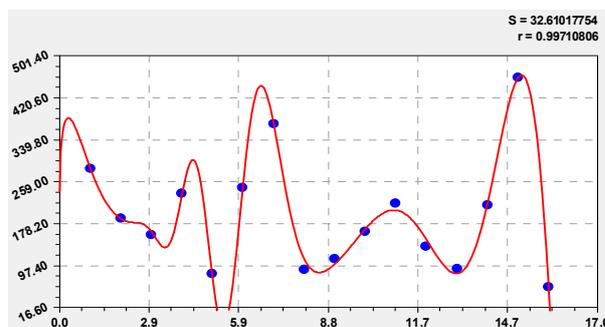


Рис. 1 - Тренд и три волны динамики численности лесных пожаров: S - дисперсия; r - коэффициент корреляции

$$N_3 = A_2 \cos(\pi / p_2 + 3,93160),$$

$$A_2 = 0,0076346t^{12,20585} \exp(-1,77051t^{1,04491}),$$

$$p_2 = 0,87428 + 0,00018944t^{3,35680},$$

$$N_4 = A_3 \cos(\pi / p_3 + 2,83586),$$

$$A_3 = 369,09032t^{0,43194} \exp(-0,71963t),$$

$$p_3 = 2,55144 + 0,46635t.$$

Коэффициент корреляции 0,9971, по уровням адекватности моделирования методом идентификации устойчивых законов из таблицы 2, относит модель (4) к почти однозначным факторным связям.

4. Уровни адекватности модели

Существующая шкала квантификации тесноты связи является очень грубой. Поэтому проф. П.М. Мазуркиным была предложена для технических экспериментов, в которых погрешность измерений не превышает 5%, другая шкала (третий столбец табл. 2).

Таблица 2 - Уровни факторных связей по коэффициенту корреляции

Интервал коэффициента корреляции	Характер тесноты связи между факторами		
	Существование классиф.	Для технических экспериментов	Уточненная шкала для лесных пожаров
1	Сильная связь	однозначная	однозначная
0,99...1,00		сильнейшая	почти однозначная
0,95...0,99			сверхсильная
0,90...0,95			сильнейшая
0,7...0,9		сильная	сильная
0,5...0,7	Слабая связь	средняя	средняя
0,3...0,5		слабоватая	слабоватая
0,1...0,3	нет связи	слабая	слабая
0,0...0,1		слабейшая	слабейшая
0		нет связи	нет связи

Но для динамических рядов годичной численности лесных пожаров пришлось ввести еще два интервала, что нами было выполнено только при моделировании распределений рядов простых чисел и параметров у совокупностей растущих деревьев.

Это указывает на высокий уровень проявления общей биотехнической закономерности (4) в 17-летней динамике количества лесных пожаров.

До остатков, которые меньше погрешности измерений, были выявлены еще три асимметричных вейвлет-сигнала. Но они не влияют (рис. 2 - 4) на будущее распределение численности лесных пожаров.

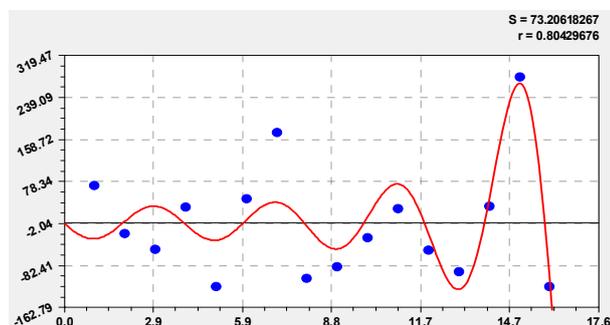


Рис. 2 - Первая волна возмущения численности лесных пожаров

Первая волна возмущения привела к аномальным лесным пожарам 2010 года. Остальные четыре волны были в прошлом, а шестая волна дает амплитуду меньше погрешности измерения, поэтому её в дальнейшем можно не учитывать.

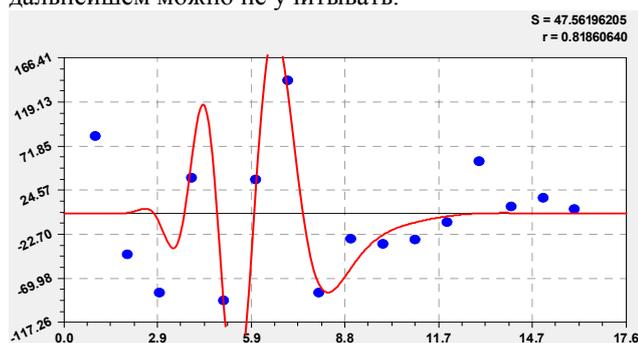


Рис. 3 - Вторая волна возмущения численности лесных пожаров

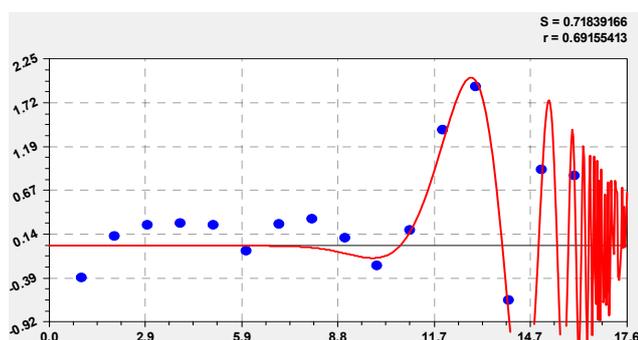


Рис. 4 - Шестая волна возмущения численности лесных пожаров

Прогнозная модель составляется после исключения тех вейвлет-сигналов, у которых не проявляется влияние на будущее, то есть в пределах горизонта прогноза. Горизонт прогноза можно принять на одну треть основания прогноза, то есть на $17 / 3 \approx 6$ лет.

5. Прогнозная модель

Тогда прогноз количества лесных пожаров, которые ежегодно могут произойти на территории РМЭ, можно составить до $2011 + 6 = 2017$ года (табл. 3).

Таблица 3 - Прогноз лесных пожаров

Год	Время t , лет	Кол-во пожаров N_{np} , шт.
2012	17	0
2013	18	417
2014	19	2993
2015	20	0
2016	21	0
2017	22	4258

Ориентировочный прогноз дается на горизонт, равный основанию прогноза, то есть до $2011 + 17 = 2028$ г.

Примем за прогнозную модель по уравнению (2) с первой волной возмущения. Остальные пять волн оказывают малое влияние. Расчетные данные в таблице 2 показывают очень высокую динамичность количества лесных пожаров. Амплитуда колебания по формуле (2) по закону экспоненциального роста стремительно нарастает, и пока не видно торможения количеству лесных пожаров. При этом период максимума количества лесных пожаров постоянна и равна $2 \times 2,01884 \approx 4$ года, то есть через каждые четыре года, начиная с 2010 г., следует ожидать максимумов взрывного увеличения численности лесных пожаров на территории РМЭ.

Аналогичные волновые закономерности по многолетним данным, причем без разрыва времени по некоторым годам, можно будет выявлять и по другим субъектам Российской Федерации.

Заключение

Чтобы повысить точность прогнозирования, нужно ежегодно проводить повторную идентификацию вышеприведенных формул с дополнением количества лесных пожаров, происшедших за 2012 год и так далее. Это и станет итерационным статистическим моделированием по ежегодно дополняемым статистическим данным.

Такая методика позволит гораздо точнее прогнозировать численность лесных пожаров на следующий год и тем самым заранее подготовиться к пожароопасному сезону.

Основная доля лесных пожаров происходит из-за поведения населения. На втором месте по значимости находятся грозы и молнии. Поэтому изменение амплитуды колебания по уравнению (2) возможно только после реализации мер по профилактике будущих лесных пожаров, снижению объемов лесных горючих материалов и повышению экологического сознания у населения и хозяйственников.

Литература

1. Республика Марий Эл: Статистический ежегодник // Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Марий Эл. Йошкар-Ола: 2004. 342 с.
2. Пожар от спички. В республике горят леса // АИФ в Марий Эл. Региональное приложение. №29(482). 18-24 июля 2012 г.
3. Фактическая площадь лесных пожаров в России в восемь раз превышает официальные цифры. <http://expert.ru/2012/07/31/legche-skryit-chem-borotsya/> (Дата обращения 19.12.2012).
4. Мазуркин П.М. Биотехнический закон и виды факторных связей // Успехи современного естествознания. 2009. № 9. С.152-156.
5. Мазуркин П.М., Порядина О.В. Эконометрическое моделирование: практикум. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. 204 с.
6. Мазуркин П.М., Филонов А.С. Математическое моделирование. Идентификация однофакторных статистических закономерностей: Учебное пособие. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. 292 с.

© **П. М. Мазуркин** - д-р техн. наук, проф. МарГТУ, kaf_po@mail.ru; **К. С. Блинова** – асп. МарГТУ; **А. В. Хазиев** - соиск. МарГТУ, специалист МЧС в Минлесхозе РМЭ.