

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

ИМПУЛЬСНЫЕ И ВЕЙВЛЕТНЫЕ СИГНАЛЫ МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ ПЛОЩАДИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ

Ключевые слова: лесные пожары, площадь, динамика, импульсные функции и вейвлеты, закономерности, человеческий фактор.

Представлены результаты анализа динамического ряда площади лесных пожаров на территории Республики Марий Эл по годам за период 1995-2011 гг. идентификацией дельта-функции в виде Гауссова колокола и волновой функции в виде асимметричного вейвлет-сигнала колебательного возмущения. Выявленные закономерности динамики показали, что они не влияют на прогноз лесных пожаров по их площади, потому что главной причиной возникновения лесных пожаров являются люди. Дана динамика доля человеческого фактора в причинах возникновения лесных пожаров за период 2001-2010 гг.

Keywords: : forest fire, area, dynamics, pulse functions and wavelets, laws, human factor.

Results of the analysis of time series of forest fires in the Mari El Republic by year over the period 1995-2011 years. identification of the delta function as a Gaussian bell and wave function as an asymmetric wavelet signal oscillatory perturbation. Vyvalennye laws of dynamics have shown that they have no influence on the prognosis of forest fires in their area, because the main reason for the onset of forest fires are human beings. Given the dynamics of the proportion of the human factor in the causes of forest fires in the period 2001-2010.

Введение

Площадь лесных пожаров становится одним из важнейших показателей нерационального территориального природопользования. На рост количества и площади лесных пожаров во многом повлияла доктрина отраслевого природопользования, когда с 1923 года леса были переданы во владение нескольким министерствам и ведомствам.

В настоящее время субъекты федерации оказались перед сложной ситуацией, когда лесничества перестали хозяйничать в регионах, а в соответствии с новым лесным кодексом получили только функции контроля за технологиями заготовки и однократного использования леса как кругляка, а также воспроизводством так называемого лесного фонда как живого долговременного склада вертикально стоящих бревен.

Чтобы рационально использовать древесину горельников на механическую и химическую переработку, необходимо знать приблизительный прогноз площади возможных лесных пожаров. Тогда, с учетом среднего удельного запаса древостоев, можно рассчитать объемы горелой древесины и дать прогноз на количество древесного сырья.

1. Статистические данные

Исходные данные были приняты по статистическому сборнику [1, с.36] и газетной статье [2]. Погрешность измерений можно рассчитать сопоставлением данных [1, 2] для 2002 (площадь пожаров 1703 и 1357) и 2003 (соответственно 21 и 18) годов. Тогда погрешность исходных данных будет равна 25,5 и 16,7%. На территории Республики Марий Эл (РМЭ) она достигает 30%. Это – предел погрешности измерений при экологических и сельскохозяйственных исследованиях.

Поэтому и результаты статистического моделирования [4-6] не могут привести к точным прогнозам из-за низкой добротности статистических исходных данных.

Исходные данные для статистического моделирования приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Площадь лесных пожаров

Год	Время t , лет	Площадь S , га
1995	0	99
1996	1	245
1997	2	50
1998	3	70
1999	4	86
2000	5	7
2001	6	41
2002	7	1703
2003	8	21
2004	9	14
2005	10	40
2006	11	273
2007	12	99
2008	13	52
2009	14	422
2010	15	76531
2011	16	18.6

Отличительной особенностью у показателя из данных таблицы 1 является то, что имеются резко выделяющиеся значения, например, для 2010 г. - это 76531 га.

Методику моделирования покажем по ходу выявления разнородных закономерностей от простого уравнения к сложной конструкции с несколькими составляющими.

Биотехнический закон [4] не может идентифицировать импульсную функцию. При этом замечаем, что площадь пожаров не может быть отрицательной по значениям.

Поэтому, если нужно, чтобы члены статистической последовательности были всюду положительными функциями, можно исходить из формулы Гауссова колокола [3].

Тогда получаются две группы закономерностей:

а) импульсные функции в виде Гауссова колокола [3] для характеристики резко выделяющихся значений площади пожаров по их убыванию 76531, 1703 и т.д.;
 б) вейвлетные функции [5] в виде асимметричных по амплитуде и частоте колебания сигналов.

2. Импульсные функции

Вначале выявим функцию Гауссова колокола (рис. 1) для импульсного значения площади, равной 76531 га при времени $t = 15$ для 2010 года. Из данных таблицы 1 видно, что колокол образуют четыре числа: 2008 – 52; 2009 – 422; 2010 – 76531 и 2011 – 18,6 га. При этом замечаем, что точность записи площади лесных пожаров с 2011 года стала с ценой деления 0,1 га. Это позволяет надеяться, что через 10-15 лет и в лесном деле будут получены достаточно точные статистические данные.

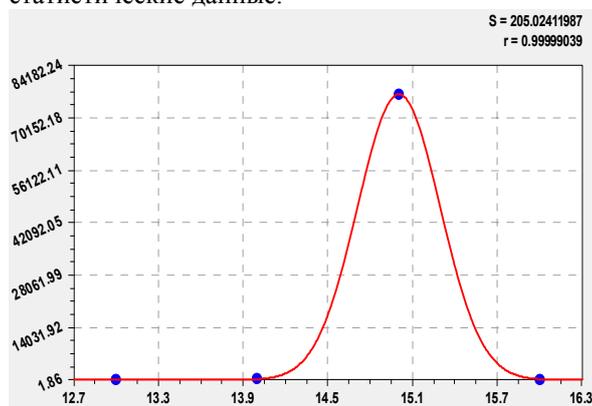


Рис. 1 - Импульсная функция площади лесных пожаров 2010 года

Гауссов колокол имеет вид:

$$S = 76531 \exp(-5,85046(t-15)^2). \quad (1)$$

Коэффициент корреляции 0,99999 очень близок к 1, поэтому импульсная функция получилась почти однозначной.

Для остальных пиков даны модели:

$$S = 1703 \exp(-4,00615(t-7)^2); \quad (2)$$

$$S = 273 \exp(-1,36815(t-11)^2); \quad (3)$$

$$S = 245 \exp(-1,19046(t-1)^2). \quad (4)$$

Колокол для 2002 года имеет самую большую ширину за пять лет: 2000 – 7; 2001 – 41; 2002 – 1703; 2003 – 21 и 2004 – 14 га. Пик площади лесных пожаров 2006 года также имеет продолжительность в пять лет, но для этого колокола остались только три незанятых числа: 2005 – 40; 2006 – 273 и 2007 – 99 га.

Первый пик за период в 17 лет был в 1996 году и образовал колокол шириной три года: 1995 – 99; 1996 – 245 и 1997 – 50 га.

Из всего динамического ряда остались всего два года, неохваченные четырьмя гауссовыми колоколами: 1998 – 70 и 1999 – 86 га. Они переходят для моделирования вейвлет-сигналами.

Таким образом, наметились за 17 лет четыре пиковых режима лесных пожаров: I – 1996; II – 2002; III – 2006 и IV – 2010 г. По-видимому, на импульсные функции площади лесных пожаров влияют не только циклы солнечной активности (эффект Чижевского) и

годовые климатические циклы (эффект влияния склонения оси Земли относительно плоскости вращения вокруг Солнца), но и социально-психологические факторы поведения людей. Особенно опасно сознательное искажение статистических данных по лесным пожарам и иным сведениям.

3. Вейвлетные функции

Асимметричный вейвлет-сигнал характеризуется переменной амплитудой и частотой колебания и поэтому в общем виде дается уравнение $S_i = a_{1i} t^{a_{2i}} \exp(-a_{3i} t^{a_{4i}}) \cos(\pi / (a_{5i} + a_{6i} t^{a_{7i}}) - a_{8i})$ (5) где S - площадь территории, пройденной лесными пожарами за год (табл. 2), га, i - номер члена общей формулы (5), $a_1 \dots a_8$ - параметры формулы (5).

Таблица 2 - Площадь лесных пожаров и её части

Год	Время t , лет	Площадь пожаров S , га	Площадь импульсных функций	Остаток для вейвлетов
1995	0	99	74,50	24.50
1996	1	245	245,00	0.00
1997	2	50	74,50	-24.50
1998	3	70	2,09	67.91
1999	4	86	0,01	85.99
2000	5	7	0,00	7.00
2001	6	41	31,00	10.00
2002	7	1703	1703,00	0.00
2003	8	21	31,00	-10.00
2004	9	14	1,15	12.85
2005	10	40	69,50	-29.50
2006	11	273	273,00	0.00
2007	12	99	69,50	29.50
2008	13	52	1,15	50.85
2009	14	422	220,30	201.70
2010	15	76531	76531,00	0.00
2011	16	18.6	220,30	-201.70

Из данных таблицы 2 видно, что импульсные функции в виде Гауссова колокола полностью исключили пиковые значения площади лесных пожаров. Наложение смежных колоколов для 1998 и 1999, а также 2004 и 2008 гг. дало значимые остатки.

Сравнение максимума 2009 года и виртуального минимума 2011 года по остаткам показывает, что с учетом 2012-2014 гг. можно будет получить вейвлет-сигнал сильнее колебательного возмущения с амплитудой по закону нормального распределения в виде Гауссова колокола.

На рисунке 2 приведен график первого вейвлет-сигнала, полученного идентификацией волновой функции (5).

Первое возмущение переходит на 2012 год, но затем исключается из прогнозной модели. Вторая волна сильно асимметрична, но она проявлялась уже в прошлом и поэтому на будущие лесные пожары не влияет. После совмещения этих двух колебаний по остаткам получилась третья волна колебательного возмущения.

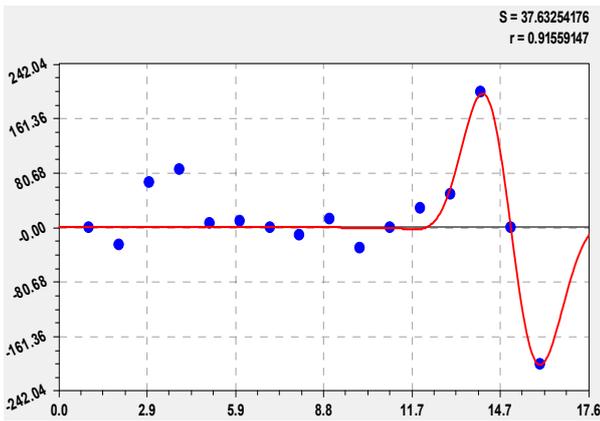


Рис. 2 - Первая волна колебательного возмущения площади

Этот вейвлет-сигнал также указывает на то, что он никак не повлияет на будущее лесных пожаров на территории РМЭ.

Территория РМЭ имеет высокую природную устойчивость, и здесь никогда за исторический период проживания людей не было землетрясений и других экологических катаклизмов. Поэтому все семь закономерностей (четыре импульса и три вейвлета) показывают, что причиной их является только человеческий фактор. Это дальше заметно по дополнительным двум закономерностям (рис. 3).

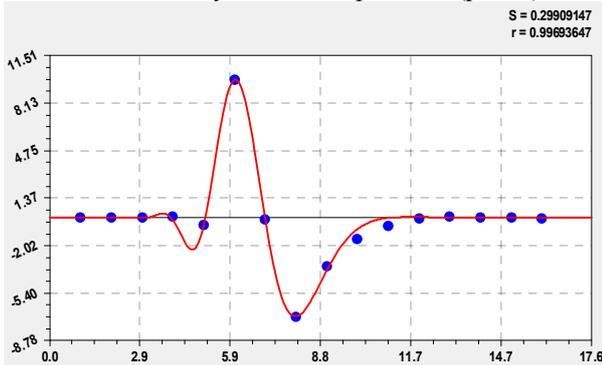


Рис. 3 - Девятая составляющая закономерности в виде вейвлета

Восьмая составляющая становится детерминированной закономерностью вида

$$S_8 = 24,5 \exp(-8,80659t), \quad (6)$$

показывающей завершение предьстории некоего колебательного возмущения до 1995 г.

После 9-й составляющей остались малые остатки (рис. 6), не превышающие площадь лесных пожаров в 0,7 га. Но по точкам на рисунке 6 снова видна вейвлет-функция, также не влияющая на прогноз площади лесных пожаров.

4. Человеческий фактор

Только люди виноваты в лесных пожарах. Для доказательства в таблице 3 приведем данные из [7] по причинам возникновения лесных пожаров на территории РМЭ. Основной причиной является неосторожное обращение с огнем населения и людей, работающих в лесу. От природных гроз за 10 последних лет возникло всего 5,8% лесных пожаров,

но ими повреждено 28,4% от общей поврежденной площади леса.

Таблица 3 - Динамика площади лесных пожаров на территории РМЭ по причинам возникновения, га

Год	t_1 , лет	Причина – человек. фактор				Гроза	Итого	Доля ПФ, %	Доля ЧФ, %
		Сель-хозпал	Лесо-загот.	Др. ор-ганиз.	Население				
2001	0	0	0,05	0,15	37,92	2,71	40,8	6,6	93,4
2002	1	14,52	4,1	392,05	940,61	4,65	1355,9	0,3	99,7
2003	2	0	2,7	0,02	15,34	0,03	18,2	0,2	99,2
2004	3	0,43	1,07	0,15	11,24	0,01	12,9	0,1	99,9
2005	4	3,51	4,6	0,04	29,95	2,32	40,4	5,7	94,3
2006	5	14,05	0	0,02	90,9	167,12	272,1	61,4	38,6
2007	6	0	0,4	0,2	82,18	14,89	97,7	15,2	84,7
2008	7	0	0	1,17	46,42	3,13	51,4	6,1	92,6
2009	8	23,67	0	2,07	153,06	229,02	407,8	56,2	43,8
2010	9	472,56	26,96	6348,38	43713,3	20962	72861	28,8	69,4

Примечания: ПФ – природный, ЧФ – человеческий фактор.

Доля ЧФ была максимальной в 2004 г., то есть при обсуждении нового лесного кодекса. До принятия закона в 2006 г. доля ЧФ резко снизилась, так как основное население было в курсе лесных дел. Ожидали серьезных перемен. Но лесной кодекс приняли таким, что уже к 2008 г. человеческий фактор стал по доле снова максимальным. Лишь предвестие сильной засухи заставило людей в 2009 г. несколько опомниться. В сильную засуху 2010 г. доля ЧФ в РМЭ была равна 69,4%. Но в Германии не было в этом году ни одного лесного пожара. Таким образом, именно человеческий фактор, включая и предупреждение влияния гроз и молний, становится основным в динамике лесных пожаров на той или иной муниципальной территории.

5. Доля человеческого фактора

Динамика доли ЧФ по данным таблицы 3 определяется (рис. 4) формулой

$$\text{ЧФ} = \text{ЧФ}_1 + \text{ЧФ}_2 + \text{ЧФ}_3, \quad (7)$$

$$\text{ЧФ}_1 = 92,98883 \exp(0,090919t_1^{0,37368}),$$

$$\text{ЧФ}_2 = -3,74413 \cdot 10^7 t_1^{8,90783} \exp(-18,24136t_1^{0,27278}),$$

$$\text{ЧФ}_3 = A \cos(\pi t_1 / p - 1,94014),$$

$$A = -0,014508 t_1^{9,65959} \exp(-1,5243 t_1),$$

$$p = 2,11024 - 0,0026807 t_1^{2,49204}.$$

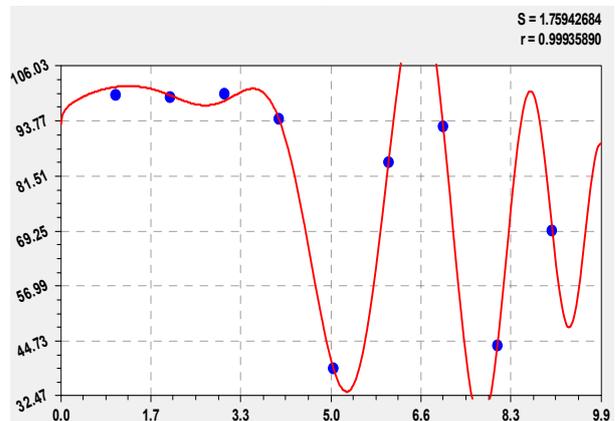


Рис. 4 - Динамика доли человеческого фактора в лесных пожарах

Первая составляющая модели (7) показывает безудержный экспоненциальный рост антропогенного влияния на возникновение лесных пожаров.

Вторая составляющая дает временное снижение доли ЧФ и характеризует влияние лесной политики и охраны лесов от пожаров.

Поведение персонала лесных ведомств, как видно из третьей составляющей модели (7) и графика на рисунке 7, очень изменчивое, причем период колебания уменьшается от $2 \times 2,11024 \approx 4,2$ года уровня 2001 г., а частота хаотического поведения повышается.

Заключение

Статистические модели динамики лесных пожаров по площади показали, что импульсные и вейвлетные составляющие общей закономерности появляются не как следствие каких-то непрерывных природных явлений и процессов, а в основном как прямое следствие поведения населения, работников леса и системы управления лесами.

По-видимому, доля природного фактора вполне может зависеть от влияния солнечной активности и климатических параметров.

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. Дельта-функция. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%B0%D1%84%D1%83%D0%BD%D0%> (Дата обращения 21.12.2012).
4. Мазуркин П.М. Биотехнический закон и виды факторных связей // Успехи современного естествознания. 2009. № 9. С.152-156.
5. Мазуркин П.М. Вейвлет-анализ ряда простых чисел // Фундаментальные исследования. 2011. № 12. С.568-575.
6. Мазуркин П.М., Филонов А.С. Математическое моделирование. Идентификация однофакторных статистических закономерностей: учеб. пос. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. 292 с.
7. Сводный план тушения лесных пожаров на территории Республики Марий Эл. Йошкар-Ола: МЛХ РМЭ, 2011. 68 с.

© П. М. Мазуркин - д-р техн. наук, проф. МарГТУ, зав. каф. природообустройства Поволжского ГТУ, kaf_po@mail.ru;
К. С. Блинова – асп. каф. природообустройства Поволжского ГТУ; А. В. Хазиев – соискатель той же кафедры, специалист МЧС в Минлесхозе РМЭ.