

УПРОЩЕННЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ЛЕСОПОЖАРНОЙ ОБСТАНОВКИ

Б.В. Заборский, кандидат технических наук, доцент;

С.И. Потапов.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Предложен упрощенный метод оценивания пожарной опасности в лесах методами математической статистики. В качестве объекта исследования выступает лесная местность Ленинградской области.

Ключевые слова: природные риски, оценка пожарной опасности, статистика пожаров

SIMPLIFIED METHOD FOR ESTIMATING FOREST FIRE SITUATION

B.V. Zaborsky; S.I. Potapov.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The paper presents a simple method for estimating the fire danger in the forests of methods of mathematical statistics. As the object of research is the woodland of the Leningrad region.

Keywords: natural risks, assessment of fire danger, fire statistics

Лесные пожары являются одним из самых опасных стихийных бедствий, приводящих к смертельным исходам и значительному материальному ущербу. Наибольшее количество пожаров приходится на регионы с высокой плотностью населения и развитой дорожной сетью. Крупные лесные пожары возникают здесь в местах распространения хвойных насаждений, которые являются наиболее пожароопасными. К таким регионам относится и Ленинградская область. Экстремальные погодные условия лета 2002 и 2006 гг. привели к увеличению площади, пройденной пожарами. Этому способствовал состав лесных насаждений, 38 % которых в Ленинградской области составляют сосновые леса, длительное отсутствие атмосферных осадков и шквалистый ветер. Так, в 2002 г. длительность «сухого» периода в июне и июле составила около 60 %. В августе и вовсе осадки были лишь дважды, порывы ветра не опускались ниже 6 м/с. В 2006 г. картина повторилась, здесь отсутствие осадков продолжалось 16 дней в мае и 13 дней в августе.

В настоящее время с развитием авиационной техники и космонавтики появилась возможность достаточно детально фиксировать площади пожаров и очаги пожаров по всему земному шару. Однако иметь только информацию об очагах существующих пожаров недостаточно. Для обеспечения безопасности населения и защиты природной среды от пожаров необходимо иметь еще и службу прогнозирования возникновения пожаров [1].

Как известно, причины возникновения лесных пожаров имеют естественный природный и антропогенный характер [2].

Чаще всего лесные пожары возникают вблизи населенных пунктов, в интенсивно используемых лесопарковых зонах, а также вдоль автомобильных и железных дорог, по берегам судоходных рек. Согласно статистическим данным в России из-за антропогенной деятельности возникает 79 % лесных пожаров (рис. 1) [3].

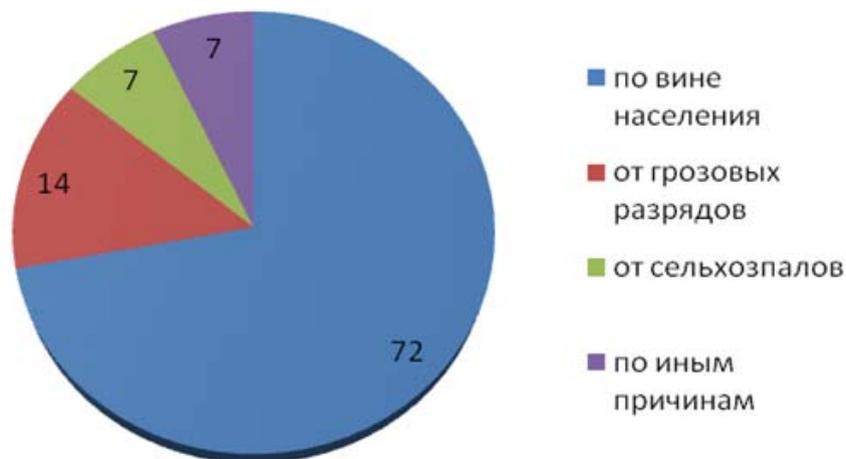


Рис. 1. Лесные пожары и причины их возникновения

Необходимым условием обеспечения противопожарной защиты лесов, отвечающим современным социально-экономическим требованиям, является формирование гибкой системы охраны леса, способной постоянно отслеживать непрерывно изменяющуюся лесопожарную обстановку и регулировать свою структуру, параметры и режимы работ в соответствии с этой обстановкой. Адаптивность системы охраны к изменяющейся пожарной обстановке в каждом регионе страны обеспечивается путем регулирования режимов работы лесопожарных служб и количеством вводимых в действие ресурсов для борьбы с огнем. Ресурсы лесопожарных служб каждого региона нацелены на успешную борьбу с огнем в условиях низкой и средней горимости лесов.

Дефицит финансовых и материально-технических ресурсов, выделяемых на охрану лесов, является на данный момент острой проблемой. Недостаток ресурсов усугубляется задержками платежей, затрудняющими своевременную подготовку сил и средств борьбы с огнем к началу пожароопасного сезона.

Для снижения затрат материально-технических, финансовых и человеческих ресурсов необходимо повышать эффективность системы прогнозирования возникновения лесных пожаров [4]. Существует множество систем для прогнозирования пожароопасности той или иной местности. Но существует проблема получения необходимой информации, которую очень трудно добыть, и к тому же она может оказаться не в полной мере достоверной. Также от обилия различных коэффициентов увеличивается погрешность вычисления. Более краткий метод значительно поможет упростить задачу, стоящую перед службами прогнозирования.

С целью решения данного вопроса было предложено провести исследования в области возникновения лесных пожаров Ленинградской области. Статистические данные были собраны в отделе организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ Главного управления МЧС России по Ленинградской области. Сюда поступают сведения о пожарах со всего региона и заносятся в единую базу данных. Для решения стоящей задачи были получены сведения о количестве лесных пожаров за 27 лет (рис. 2) и данных о материальном ущербе (рис. 3) в каждом регионе за тот же период (так как база данных имеет обширный объем, ограничимся показом фрагментов).

год	Бокситогорский	Волосовский	Волковский	Всеволожский	Выборгский	Гатчинский	Кингисетский	Киришский	Кировский	Лодейнопольский	Ломоносовский	Лужский	Сланцевский	Тихвинский
1988	25	4	7	3	113	12	15	2	15	18	13	12	5	4
1989	26	4	8	7	136	10	13	1	10	17	7	12	1	5
1990	35	6	15	22	197	34	60	13	29	31	13	58	25	15
1991	20	1	5	2	97	10	9	1	9	11	3	12	0	5
1992	43	6	8	5	145	10	15	1	10	17	9	36	2	3
1993	36	16	20	63	800	69	118	15	55	54	114	123	67	47
1994	43	6	8	5	145	27	15	5	10	27	9	36	2	24
1995	78	15	16	22	497	34	65	16	29	31	13	61	25	17
1996	58	13	12	23	495	33	67	17	30	30	12	60	25	15
1997	50	15	15	22	99	34	60	15	29	31	13	58	13	14
1998	17	4	12	10	22	15	25	17	11	23	15	11	25	15
1999	18	5	11	12	23	14	26	16	15	21	13	11	25	13
2000	43	6	8	15	145	27	15	5	16	27	9	36	2	24
2001	17	94	12	10	62	14	24	16	15	21	23	11	25	15
2002	136	16	20	63	1200	69	118	15	155	57	114	223	67	47
2003	23	6	8	5	96	27	15	5	10	28	9	26	2	24
2004	10	1	5	2	47	10	9	1	9	11	3	12	0	5
2005	43	6	8	5	145	27	15	5	10	26	9	36	2	24
2006	63	35	41	155	1225	130	378	34	102	70	174	245	15	432
2007	2	1	8	56	73	30	36	15	17	4	12	67	14	1
2008	4	5	6	12	152	29	52	8	35	19	23	118	10	9
2009	2	3	1	2	86	18	8	3	11	11	1	27	2	10
2010	22	3	4	9	127	10	14	1	11	8	10	12	3	3

Рис. 2. Фрагмент базы данных о количестве пожаров, произошедших в районах Ленинградской области (1988–2014 гг.)

год	Всеволожский	Выборгский	Гатчинский	Кингисетский	Киришский	Кировский	Лодейнопольский	Ломоносовский	Лужский	Сланцевский	Тихвинский	Тосненский	Подпорожский	Приозерский
1988	0,1	1,37	0,18	0,3	0,05	0,24	0,28	0,19	0,152	0,16	0,11	0,07	0,03	0,47
1989	0,18	1,07	0,11	0,25	0,02	0,18	0,3	0,1	0,15	0,03	0,07	0,081	0,06	0,36
1990	0,41	2,57	0,51	1,25	0,21	0,48	0,58	0,17	0,75	0,32	0,1	0,48	0,76	0,85
1991	0,11	1,07	0,1	0,25	0,01	0,18	0,28	0,16	0,15	0	0,07	0,073	0,06	0,15
1992	0,1	1,25	0,11	0,24	0,02	0,19	0,2	0,15	0,25	0,03	0,05	0,08	0,019	0,41
1993	0,89	2,98	0,78	0,84	0,32	0,75	0,59	0,97	0,63	0,71	0,57	0,71	0,08	1,06
1994	0,1	1,25	0,11	0,25	0,02	0,18	0,48	0,1	0,25	0,03	0,4	0,06	0,015	0,61
1995	0,42	2,57	0,51	1,25	0,422	0,48	0,5	0,2	1,12	0,32	0,16	0,5	0,76	0,75
1996	0,41	2,63	0,51	1,257	0,41	0,5	0,57	0,17	1,05	0,326	0,175	0,48	0,8	0,85
1997	0,391	1,29	0,43	1,3	0,4	0,48	0,58	0,22	1,02	0,23	0,18	1,08	0,83	0,34
1998	0,412	0,33	0,15	0,26	0,43	0,49	0,57	0,19	0,05	0,33	0,17	0,085	0,06	0,05
1999	0,41	0,34	0,16	0,25	0,39	0,6	0,63	0,17	0,056	0,32	0,173	0,09	0,05	0,055
2000	0,18	1,25	0,117	0,211	0,02	0,18	0,5	0,1	0,25	0,03	0,36	0,1	0,01	0,61
2001	0,375	0,84	0,25	0,25	0,41	0,48	0,58	0,98	0,95	0,29	0,173	0,08	0,07	0,05
2002	0,89	4,8	0,78	0,84	0,32	1,75	0,59	0,97	1,89	0,71	0,57	0,71	0,08	1,59
2003	0,1	0,85	0,118	0,25	0,02	0,18	0,483	0,1	0,151	0,02	0,33	0,12	0,013	0,61
2004	0,11	0,35	0,112	0,256	0,01	0,19	0,28	0,15	0,17	0	0,07	0,088	0,06	0,15
2005	0,1	1,25	0,11	0,2	0,023	0,18	0,485	0,1	0,25	0,03	0,41	0,07	0,01	0,61
2006	1,93	12,89	2,36	6,36	0,19	2,31	1,63	3,25	2,96	0,14	5,63	0,17	1,23	1,63
2007	0,36	0,39	0,26	0,23	0,12	0,2	0,01	0,12	0,76	0,16	0,01	0,21	0	0,36
2008	0,21	0,95	0,265	0,36	0,08	0,33	0,09	0,114	0,96	0,06	0,03	0,18	0	0,46
2009	0,1	0,75	0,11	0,1	0,015	0,07	0,025	0,01	0,13	0,02	0,04	0,03	0	0,28
2010	0,022	0,19	0,03	0,03	0	0,05	0,01	0,02	0,013	0,01	0,01	0,01	0	0,05
2011	0,022	0,2	0,04	0,037	0,01	0,1	0,02	0,016	0,01	0	0	0	0	0,05
2012	0,216	0,647	0,264	0,699	0	0,322	0,051	0	0,306	0	0	0,022	0	0,053
2013	0,11	0,35	0,2	0,25	0	0,18	0,28	0	0,15	0	0,07	0,083	0,06	0,15

Рис. 3. Фрагмент базы данных о сумме материального ущерба от лесных пожаров в районах Ленинградской области в млн руб. (1988–2014 гг.)

Решение задачи разберем на примере двух районов: Выборгского и Всеволожского. На основе собранных статистических данных по пожарам в районах Ленинградской области за период с 1988 по 2014 гг. были выведены средние показатели количества пожаров:

$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{113+186+197+\dots+18+56+14}{27} = 234,07$ – среднее число пожаров за 27 лет в Выборгском районе.

$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{3+7+22+\dots+16+11+9}{27} = 20,96$ – среднее число пожаров за 27 лет во Всеволожском районе.

Данный показатель был сопоставлен с плотностью населения в соответствующих районах [5] в связи с тем, что количество пожаров в районе напрямую (более 70 %) зависит от числа проживающих на соответствующей территории. Обозначим их отношение как коэффициент K (рис. 5).

Таким образом, для Выборгского района:

$$K = \frac{234,07}{27,6} = 8,48 ,$$

для Всеволожского района:

$$K = \frac{20,96}{94,11} = 0,22 .$$

На этих основаниях была выведена следующая формула:

$$K = \frac{N_{\text{ср}}}{\rho} ,$$

где K – коэффициент зависимости количества пожаров от плотности населения; $N_{\text{ср}}$ – среднее число пожаров в конкретном районе; ρ – плотность населения в районе.

Коэффициент был высчитан для каждого района, данные нанесены на карту и представлены на рис. 4.

Для проверки целесообразности и достоверности введения данного коэффициента применяются различные методы. Было принято решение об оценке тесноты корреляционной связи между коэффициентом зависимости количества пожаров от плотности населения и средней суммой материального ущерба.

Обозначим средний материальный ущерб (млн руб.) за Y , а коэффициент (K) зависимости количества пожаров от плотности населения за X .

На рис. 4 приведено поле корреляции переменных Y и X . Из рисунка видно, что точки на графике в основном расположены небеспорядочно, близко друг к другу, соответственно можно предположить, что корреляционная зависимость между признаками X и Y имеется.

Далее выявим зависимость между рассматриваемыми значениями, выясним, существует ли между ними связь, и оценим ее тесноту.

Для этого найдем коэффициент корреляции между исходными Y и X для всех районов по полученным данным (табл.).

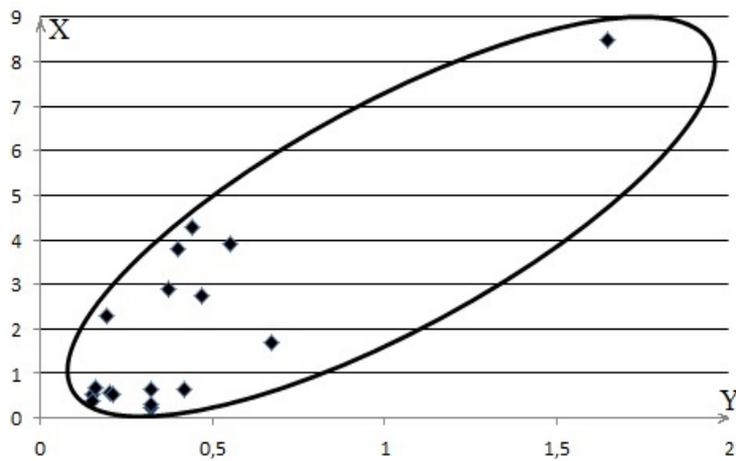


Рис. 4. Поле корреляции сравниваемых значений

Таблица

X_i	0,44	0,2	0,15	0,32	1,65	0,32	0,67	0,15	0,42	0,4	0,32	0,55	0,16	0,37	0,21	0,19	0,47
Y_i	4,3	0,55	0,53	0,22	8,48	0,31	1,7	0,39	0,63	3,81	0,63	3,91	0,67	2,88	0,54	2,31	2,75

Вычислим необходимые суммы:

$$\begin{aligned} \sum x_i &= 0,44 + 0,2 + \dots + 0,19 + 0,47 = 6,99 \quad ; \\ \sum x_i^2 &= 0,44^2 + 0,2^2 + \dots + 0,19^2 + 0,47^2 = 4,86 \quad ; \\ \sum y_i &= 4,3 + 0,55 \dots + 2,31 + 2,75 = 34,61 \quad ; \\ \sum y_i^2 &= 4,3^2 + 0,55^2 + \dots + 2,31^2 + 2,75^2 = 146,7 \quad ; \\ \sum x_i y_i &= 0,44 \cdot 4,3 + 0,2 \cdot 0,55 + \dots + 0,19 \cdot 2,31 + 0,47 \cdot 2,75 = 24,6 \quad . \end{aligned}$$

Найдем коэффициент корреляции по формуле:

$$\begin{aligned} r &= \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \cdot \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}} = \\ &= \frac{17 \cdot 24,6 - 6,99 \cdot 34,61}{\sqrt{17 \cdot 4,86 - 6,99^2} \cdot \sqrt{17 \cdot 146,7 - 34,61^2}} = 0,84, \end{aligned}$$

что говорит о тесной связи между переменными.

Отметим одно из свойств коэффициента корреляции:

коэффициент корреляции принимает значения на отрезке $[-1; 1]$, то есть:

$$-1 \leq r \leq 1.$$

В зависимости от того, насколько $|r|$ приближается к единице, различают связь, умеренную, заметную, достаточно тесную, тесную и весьма тесную, то есть чем ближе $|r|$ к единице, тем теснее связь [6].

Для оценки значимости коэффициента корреляции r проведем проверку соответствующей гипотезы.

Пусть двумерная генеральная совокупность (X, Y) распределена по нормальному закону. Из совокупности извлечена выборка объема $n=27$ и по ней найден выборочный коэффициент корреляции $r_{\text{выб}} \neq 0$. Выборочный коэффициент является оценкой для коэффициента $r=0$ и, в общем случае, отличается от него; более того, между величинами X и Y может отсутствовать корреляционная зависимость. Следовательно, в силу того, что выборка случайна, из того, что выборочный коэффициент корреляции $r_{\text{выб}} \neq 0$ нельзя заключить, что коэффициент корреляции r генеральной совокупности также отличен от нуля. Возникает необходимость при заданном уровне значимости $\alpha=0,05$ проверить нулевую гипотезу $H_0: r_{xy}=0$ при конкурирующей гипотезе $H_1: r_{xy} \neq 0$.

Если нулевая гипотеза H_0 отвергается, то это будет означать, что выборочный коэффициент корреляции является значимым, а случайные величины X и Y коррелированы, то есть связаны корреляционной зависимостью.

Если нулевая гипотеза H_0 будет принята, то это будет означать, что выборочный коэффициент корреляции не является значимым, а случайные величины X и Y некоррелированы.

В качестве критерия возьмем случайную величину:

$$T_{\text{наб}} = r_{\text{выб}} \frac{\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_{\text{выб}}^2}} = 0,84 \cdot \frac{\sqrt{27-2}}{\sqrt{1-0,84^2}} = 7,74$$

Известно (в случае нормального распределения (X, Y) , что эта случайная величина распределена по закону Стьюдента с $k=n-2=27-2=25$. В силу того, что распределение Стьюдента является симметричным, критическую область удобно брать симметричной: $|T| > t_{\text{кр}}$. Критическая точка находится по таблице критических точек распределения Стьюдента [7], по заданному уровню значимости и числу степеней свободы, $t_{\text{кр}}=2,0595$.

$|T_{\text{наб}}| > t_{\text{кр}}$ – отсюда делаем вывод: нулевая гипотеза отвергается. Следовательно, выборочный коэффициент корреляции $r_{\text{выб}}$ является значимым, между X и Y существует корреляционная связь.

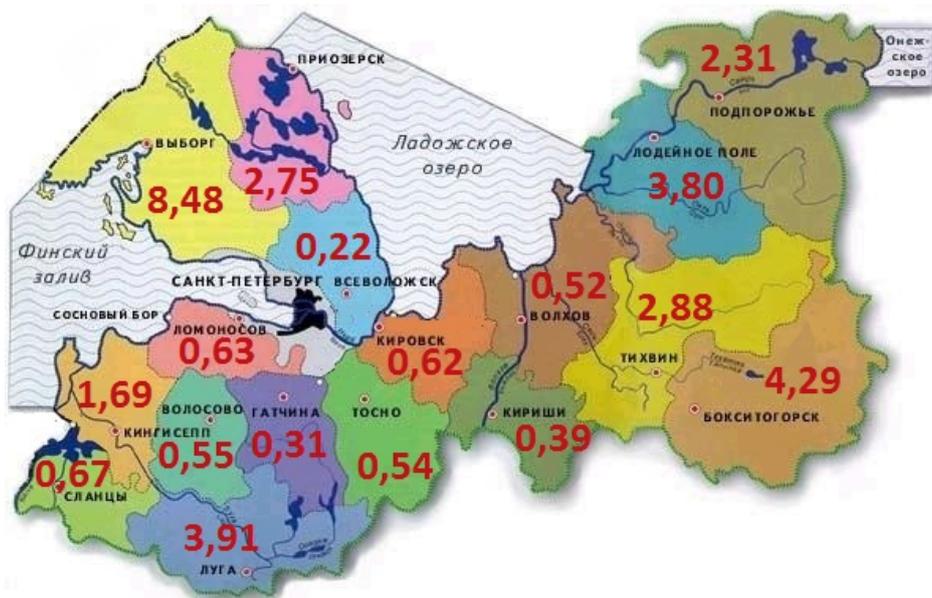


Рис. 5. Коэффициент зависимости количества пожаров от плотности населения по районам Ленинградской области

Тем самым полученный коэффициент наглядно показывает, какой район наиболее пожароопасен. Это позволит эффективно распределить силы и средства между лесопожарными службами для борьбы с лесными пожарами.

Литература

1. Вершинин А.П., Кулангиева Н.О. Методы оценки и прогноза условий пожароопасности лесопокрытых территорий на примере Ленинградской области: науч.-метод. пособие. Л., 2006. 64 с.

2. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: Федер. закон Рос. Федерации от 21 дек. 1994 г. № 68-ФЗ. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

3. Пожары и пожарная безопасность в 2011 году: статист. сб. / под общ. ред. В.И. Климкина. М.: ВНИИПО, 2012. 137 с.

4. Барановский Н.В., Гришин А.М., Лоскутникова Т.П. Информационно-прогностическая система определения вероятности возникновения лесных пожаров // Вычислительные технологии. 2007. Т. 8. № 2.

5. Википедия. URL: <http://ru.wikipedia.org/> Категория: Районы_ Ленинградской_ области (дата обращения: 20.04.2015).

6. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. / под ред. Н.Ш. Кремер. 3-е изд. 2012. 551 с.

7. Дружининская И.М. Решение задач математической статистики по теме «Проверка статистических гипотез»: учеб. пособие. М., 2011. 60 с.