

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ МЕТОД ПРОФИЛАКТИКИ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ НА ТЕРРИТОРИИ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

О.А. Терентьева

к.т.н., доцент, e-mail: TerentevaOA@omsu.ru

Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, Омск, Россия

Аннотация. Рассматриваются проблемы выбора мер предупреждения лесных пожаров. Рассмотрен метод решения задачи для оценки готовности лесной системы к ситуации наличия риска возгорания. Решение поставленной задачи имеет программную реализацию и может быть использовано в вычислительных экспериментах.

Ключевые слова: лесные пожары, леса Омской области, алгоритм, моделирование.

Введение

Анализ событий последних лет показывает, что сила проявления лесных пожаров из года в год растёт, растут и материальные потери от лесных пожаров и затраты на тушение и последующее лесовосстановление.

Проблема лесных пожаров остаётся для Российской Федерации чрезвычайно актуальной. Лесные пожары являются одним из природных и антропогенных факторов, которые могут существенно изменить состояние лесов, вплоть до их уничтожения, и нанести значительный экономический и социальный ущерб. Согласно Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации одним из актуальных направлений является возрастание антропогенных нагрузок на окружающую среду до масштабов, угрожающих воспроизводству природных ресурсов, и связанный с их неэффективным использованием рост рисков для жизни и здоровья граждан.

Беспрецедентное изменение климата и увеличение антропогенной нагрузки, приводящие к увеличению числа лесных пожаров и их негативных последствий, определяют необходимость моделирования и оценки риска возникновения пожарной опасности. В соответствии со ст. 51 Лесного кодекса РФ «леса подлежат охране от пожаров», согласно ст. 53 – «Меры пожарной безопасности в лесах включают в себя:

- 1) предупреждение лесных пожаров;
- 2) мониторинг пожарной опасности в лесах и лесных пожаров <...>;
- 3) разработку и утверждение планов тушения лесных пожаров;
- 4) иные меры пожарной безопасности в лесах».

Для того чтобы потушить лесные пожары, нужно использовать большое количество средств и сил. С целью устранения негативных последствий лесных пожаров необходимо систематически проводить профилактические мероприятия, чтобы предупредить условия, при которых лесные пожары возникают.

В настоящее время роль математического моделирования в процессе изучения лесных пожаров приобретает особое значение, так как антропогенное воздействие на лесные массивы увеличивается. Профилактика лесных пожаров играет очень важную роль, так как на её основе планируются противопожарные мероприятия, а также количество используемых противопожарных ресурсов и оборудования.

1. Постановка задачи и алгоритм на содержательном уровне

Одной из главных причин гибели леса в Сибирском федеральном округе являются пожары, а необходимость защиты лесов регулярно подчёркивается учёными ещё с XX в. К настоящему времени благодаря работе отечественных и зарубежных исследователей накоплен значительный объем знаний как теоретического, так и прикладного характера по всем основным направлениям лесной пирологии.

Проанализировав Лесной план по территории Омской области (с изменениями на 22 декабря 2022 г.), были запланированы противопожарные мероприятия, в соответствии с объёмом их выполнения за 2008–2018 гг., которые представлены в табл. 1.

Наземное маршрутное патрулирование проводится на участках, наиболее опасных в пожарном отношении, а также на территории, не охваченной авиационным патрулированием. При следовании по маршрутам наземного патрулирования посещаются наиболее горимые участки: хвойные лесные культуры, места отдыха местных жителей и т. д. Время и кратность патрулирования устанавливается ежедневно заданием на проведение работ по мониторингу пожарной опасности в зависимости от класса пожарной опасности.

Согласно вышесказанному, выделим следующие основные классы противопожарных мероприятий, характерных для Омской области:

- авиатрулирование – A_p ;
- наземная охрана – G_s ;
- противопожарное обустройство лесов – P_f ;
- пропаганда охраны лесов среди населения – P .

Каждому классу противопожарных мероприятий, характерных для Омского лесничества Омской области, согласно данным Главного управления Лесного хозяйства Омской области введён коэффициент значимости. Суммарное значение коэффициентов равно единице:

- значимость $A_p = 0,2$;
- значимость $G_s = 0,1$;
- значимость $P_f = 0,3$;
- значимость $P = 0,4$.

Степень пожарной опасности лесов Омской области оценивалась на основании классификации природной пожарной опасности лесов, утверждённой приказом Федерального агентства лесного хозяйства (Рослесхоз) от 5 июля 2011 г. № 287 «Об

Таблица 1. Противопожарные мероприятия в лесах Омской области

Укрупнённые мероприятия	Профилактические мероприятия	Объём выполнения
Противопожарное обустройство лесов	Устройство противопожарных минерализованных полос	7836 км
	Обновление противопожарных минерализованных полос	22500 км
	Строительство лесных дорог, предназначенных для охраны лесов от пожаров	90 км
	Реконструкция и содержание лесных дорог, предназначенных для охраны лесов от пожаров	426 км
	Проведение профилактического контролируемого противопожарного выжигания хвороста, лесной подстилки, сухой травы и других лесных горючих материалов	27600 га
Пропаганда охраны лесов	Заключение договоров (соглашений) с органами исполнительной власти	90 шт.
	Опубликование статей в печати	60 шт.
	Проведение бесед	12342 шт.
	Организация выступлений по радио и телевидению	48 шт.
	Благоустройство зон отдыха граждан, пребывающих в лесах	426 шт.
	Авиапатрулирование	45000 га
	Наземная охрана	1859 км

утверждении классификации природной пожарной опасности лесов и классификации пожарной опасности в лесах в зависимости от условий погоды». Данные распределения площади лесного фонда Омской области по классам природной пожарной опасности приведены в таблице на рис. 1.

Значение среднего класса пожарной опасности будет являться величиной K .

В статье [1] описана математическая модель готовности леса к ситуации наличия риска пожара, согласно которой μ_i – интенсивность выполнения каждой стадии подготовки к противостоянию леса пожарам, вычисляется по формуле $\mu_i = Pr \cdot K$. Алгоритм вычисления искомой величины представлен на рис. 2.

Значение интенсивности отказов подразделений системы подготовки к работе λ задаётся так же, как и коэффициент противопожарных мер для случая, когда будет или нет происходить отказ подразделений системы подготовки к работе.

Таким образом, зафиксированы все необходимые данные для эксперимента.

№№ п/п	Участковое лесничество	Классы природной пожарной опасности					Итого	Средний класс
		1	2	3	4	5		
1	Большереженское	17386	1240	4080	84159	6458	113323	3,5
2	Большеуковское	6328	53	18221	355820	343187	723609	4,4
3	Васисское	22559	7560	112308	722811	289264	1154502	4,1
4	Знаменское	14479	8448	3259	165313	37056	228555	3,9
5	Исилькульское	2334	-	5987	69037	16	77374	3,8
6	Калачинское	8073	391	9328	130882	12463	161137	3,9
7	Кругинское	8518	1	3384	153486	35694	201083	4,0
8	Любинское	4915	77	3822	84594	5758	99166	3,9
9	Муромцевское	27300	11137	7981	255505	13802	315725	3,7
10	Называевское	14432	-	21799	96668	22559	155458	3,7
11	Омское	5857	86	18157	61980	1487	87567	3,6
12	Саргатское	7824	15	3799	47664	5966	65268	3,7
13	Седельниковское	15635	961	25765	361598	20919	424878	3,9
14	Степное	1432	-	443	36421	3246	41542	4,0
15	Тарское	16349	6753	5808	280800	16175	325885	3,8
16	Тевризское	42196	10212	46976	475751	274624	849759	4,1
17	Тюкалинское	6671	19	6081	138369	7987	159127	3,9
18	Усть-Ишимское	12214	4471	52330	487960	128985	685960	4,0
19	Черлакское	4285	-	251	47818	4305	56659	3,8
Всего по области		238787	51424	349779	4056636	1229951	5926577	4,0

Рис. 1. Распределение площади лесного фонда Омской области

2. Пример

Вычислим для данных значений Омского лесничества Омской области. Как сказали выше, Омскому лесничеству характерны следующие противопожарные меры с коэффициентом

$$Pr = \frac{0,2 \cdot A + 0,1 \cdot Gs + 0,3 \cdot Pf + 0,4 \cdot P}{100} = 0,01. \tag{1}$$

Согласно данным Информационной системы дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства ИСДМ-Рослесхоз, вычислим показатель пожарной опасности (PPO):

$$PPO = \sum_1^n t(t - r) = 1878,44.$$

Используя шкаловую оценку пожарной опасности В.Г. Нестерова [2], величине PPO соответствует 3 класс пожарной опасности. Тогда $\mu_i = Pr \cdot K = 0,03$.

Предположим, что в процессе выполнения противопожарных работ будут происходить отказы, а именно не выполнится профилактическое мероприятие в виде наземной охраны Gs, тогда интенсивность отказов подразделений системы подготовки к работе λ для первого эксперимента примет значение, равное 0,009.

Для второго эксперимента отказ произойдёт для профилактических мероприятий авиатрулирования Ar и противопожарного обустройства лесов Pf, тогда $\lambda = 0,005$.

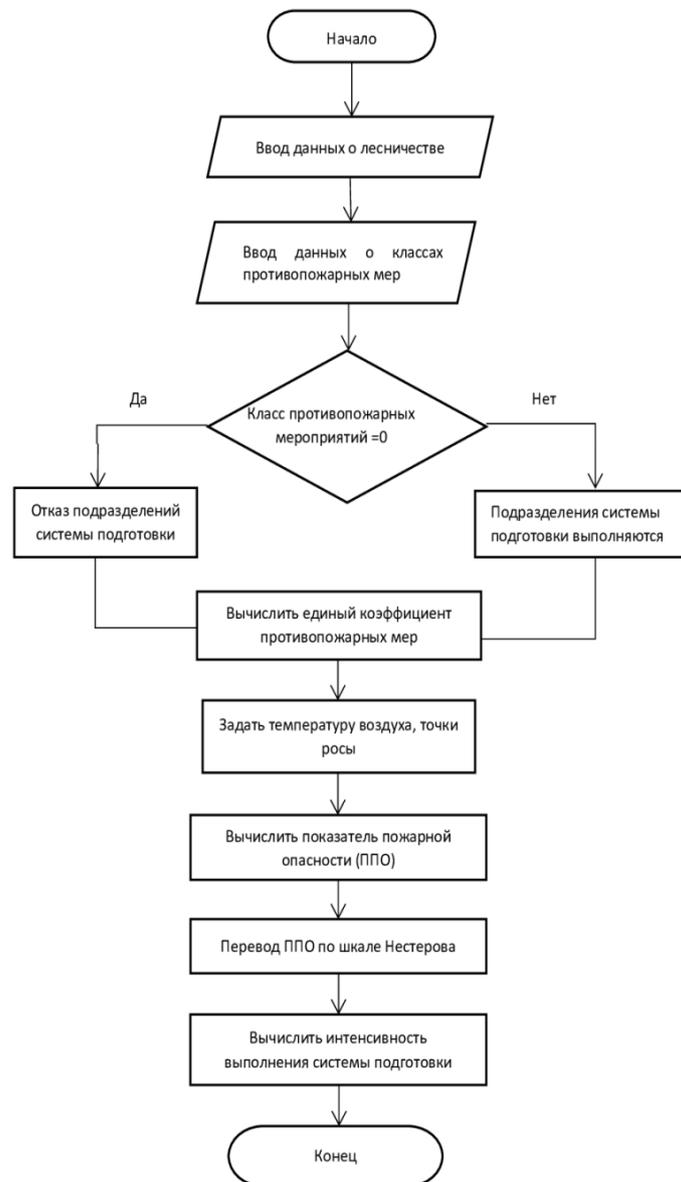


Рис. 2. Алгоритм вычисления интенсивности выполнения стадии готовности лесной системы к пожару

Третий эксперимент – отказ профилактических мероприятий авиатрулирования Ар, противопожарного обустройства лесов Pf, наземной охраны Gs – в этом случае $\lambda = 0,004$.

Четвёртый эксперимент – отказ профилактических мероприятий пропаганды охраны лесов среди населения Р, противопожарного обустройства лесов Pf, – в этом случае $\lambda = 0,003$.

На процесс восстановления величины μ -интенсивности возобновления мероприятия после отказа влияет параметр, который будет возвращать систему в исходное положение. Примем, что интенсивность возобновления мероприятия после

отказа μ будет равной 0,002 (табл. 2).

Таблица 2. Исходные данные и результаты расчётов

№	Pr	K	μ_i	λ	μ	Г	Т
1	0,01	3	0,03	0,009	0,002	0,83	9,18
2	0,01	3	0,03	0,005	0,002	0,79	9,44
3	0,01	3	0,03	0,004	0,002	0,76	9,65
4	0,01	3	0,03	0,003	0,002	0,72	9,8

Согласно расчётам, приведённым в табл. 3, можно сделать следующий вывод: уменьшая значения интенсивностей отказов подразделений системы подготовки к работе λ , а это достигается путём наибольшего невыполнения количества профилактических мероприятий, получаем, что коэффициент готовности системы уменьшается, а на восстановление лесной системы потребуется больше времени. Таким образом, значение коэффициента готовности лесной системы изменяется прямо пропорционально количеству невыполненных профилактических мероприятий.

3. Заключение

Представленные расчёты позволяют выбрать оптимальную меру по предупреждению лесных пожаров с учётом выполнения профилактических мероприятий. Важной особенностью предлагаемого метода является возможность программной реализации расчётов в различных операционных средах, что также предпринято автором.

Результаты исследования могут быть использованы лесными хозяйствами при разработке лесных планов к проведению и прогнозированию противопожарных профилактических мероприятий.

Литература

1. Терентьева О.А. Применение теории марковских процессов для решения задачи прогнозирования развития пожаров для лесов Западной Сибири // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2024. № 3. С. 194–197.
2. Нестеров В.Г. Горимость леса и методы её определения. М.: Гослесбумиздат, 1949. 76 с.

COMPUTATIONAL METHOD FOR PREVENTING NATURAL FIRES IN THE OMSK REGION**O.A. Terenteva**

Ph.D. (Techn.), Associate Professor, e-mail: TerentevaOA@omsu.ru

Dostoevsky Omsk State University, Omsk, Russia

Abstract. The problems of choosing measures to prevent forest fires are considered. A method for solving a problem for assessing the readiness of a forest system for a fire risk situation is considered. The solution to the problem posed has a software implementation and can be used in computational experiments.

Keywords: forest fires, forests of the Omsk region, algorithm, modeling.

Дата поступления в редакцию: 19.11.2024