

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ГОТОВНОСТИ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ ЛЕСНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ К СИТУАЦИИ НАЛИЧИЯ РИСКА ВОЗГОРАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЛЕСОВ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

О.А. Терентьева

старший преподаватель, e-mail: Anatole4ka@yandex.ru

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

Аннотация. В работе приведена постановка задачи моделирования готовности лесной системы к ситуации наличия риска возгорания. Рассмотрена связь лесных и конфликтующих систем. Разработан комплекс программ, с помощью которого на основе данных Информационной системы дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз) можно планировать противопожарные мероприятия и заранее промоделировать возникающие проблемные ситуации.

Ключевые слова: лесные пожары, математическое моделирование, программное приложение, конфликтные ситуации.

Введение

Проблема природных пожаров, к которым относятся лесные, степные, тундровые и другие виды растительных пожаров? привлекает к себе особое внимание во многих странах. Эта проблема носит глобальный характер: пожары возникают на огромных площадях в различных природных зонах, они наносят значительный экономический и экологический ущерб, зачастую приводят к гибели людей и животных, требуют значительных затрат на охрану пожароопасных территорий и на борьбу с возникающими пожарами. Таким образом, мы имеем дело с глобальной многокомпонентной системой природных пожаров, управление которой в последние годы получило название пожароуправления. Как во всякой большой системе, между входящими в неё компонентами существуют разнообразные связи – как положительные, так и отрицательные, а также конфликтные. Как известно, конфликт есть одна из важнейших форм взаимодействия сложных систем. К сожалению, в настоящее время описанию и моделированию конфликтных ситуаций в системе пожароуправления не уделяется должного внимания, несмотря на их очевидную важность.

1. Пожары лесов Омской области

Степень пожарной опасности лесов оценивалась на основании классификации природной пожарной опасности лесов, утверждённой приказом Федерального агентства лесного хозяйства (Рослесхоз) от 5 июля 2011 г. № 287 «Об утверждении классификации природной пожарной опасности лесов и классификации пожарной опасности в лесах в зависимости от условий погоды». Общая площадь лесов, погибших от пожаров на территории Омской области за период с 2017 по 2022 гг. составляет 63935,11 га (рис. 1). По данным Главного управления Лесного хозяйства Омской области, максимальное количество пожаров произошло в 2021 г., их количество составляет 555, а площадь – 22988,72 га. В 70 % случаев пожары произошли по вине населения и в 30 % случаев – по причине сельскохозяйственных палов (рис. 2). Такой показатель является одним из худших по Сибирскому федеральному округу в 2020 г. В 2022 г. 50,6 % всех пожаров возникло по причине неосторожного обращения с огнём местного населения, а по причине сельскохозяйственных палов – 43,5 %.

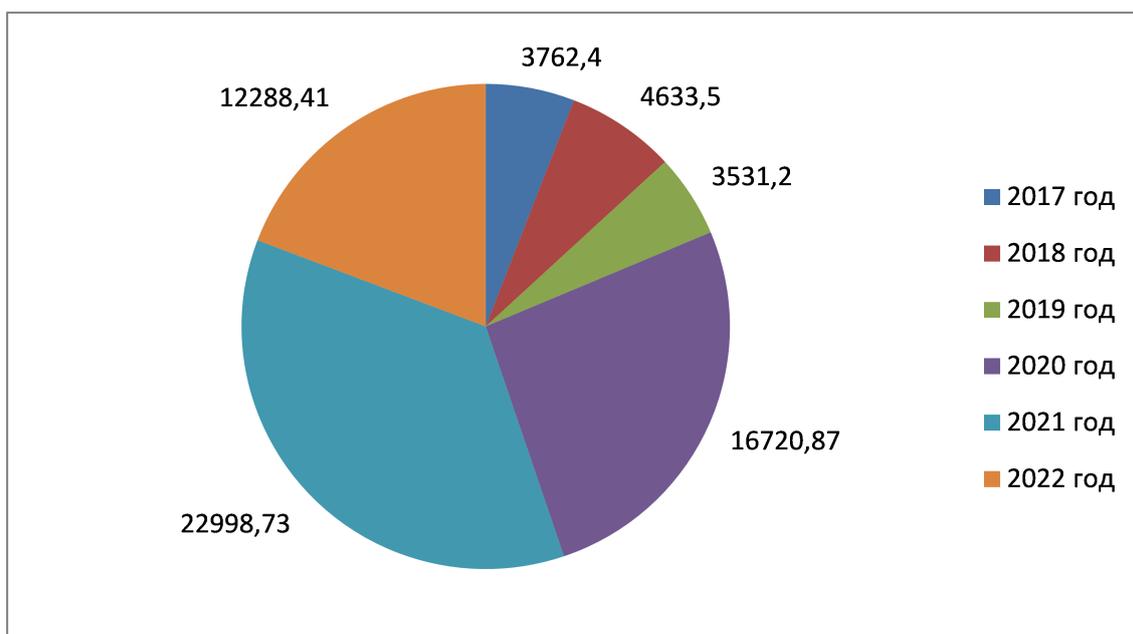


Рис. 1. Площадь лесов, погибших от пожаров за 2017–2022 гг.

В 2014 г. в результате пожаров сгорело 118421,22 га лесной площади, количество пожаров за этот год – 539. За период с 2002 по 2022 гг. максимальное количество пожаров было зафиксировано в 2010 г. (873 пожара).

2. Алгоритмическое и программное приложение

Имея дело с лесными системами, мы фактически имеем конфликтующую систему, состоящую собственно из лесной экосистемы и человеко-организационного комплекса в лице лесных управлений, при функционировании которого необходимо

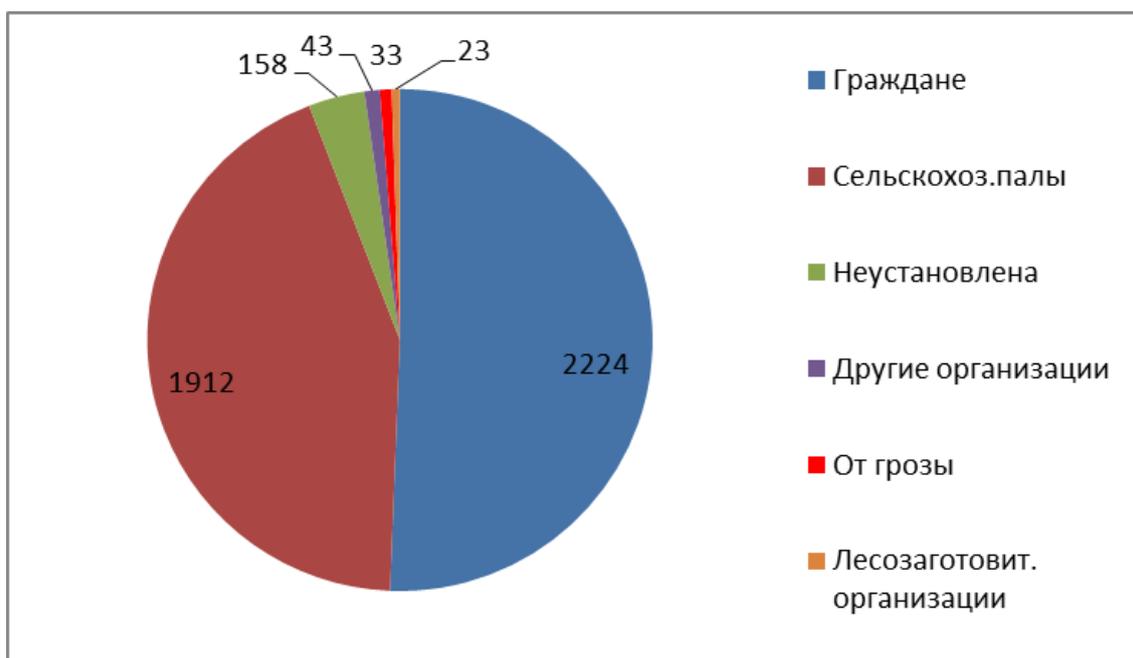


Рис. 2. Распределение количества лесных пожаров по причинам их возникновения

решать во многом те же задачи, что и при функционировании человеко-машинного комплекса.

Таким образом, разработанное в [3] программное приложение применимо не только для анализа любой сложной системы, находящейся в конфликтной ситуации, в частности для готовности технической системы, но и для оценки готовности лесной системы к ситуации наличия риска возгорания.

Схема алгоритма такого программного комплекса представлена на рис. 3.

На рис. 4 и 5 приведены расчёты, которые выполняет программа.

3. Расчёты для оценки готовности лесной системы к ситуации наличия риска возгорания

Воспользуемся разработанным программным приложением для проведения вычислительных экспериментов расчёта коэффициента готовности лесной системы, к ситуации наличия риска возгорания.

Будем использовать первую модель программного комплекса, так как именно она соответствует описанию модели, применимой для лесной системы.

Предварительно введём обозначения. Пусть:

λ – интенсивность отказов подразделений системы подготовки к работе;

μ – интенсивность возобновления мероприятия после отказа [3];

μ_i – интенсивность выполнения каждой стадии подготовки к противостоянию леса пожарам;

i – количество шагов подготовки (восстановления) лесной системы.

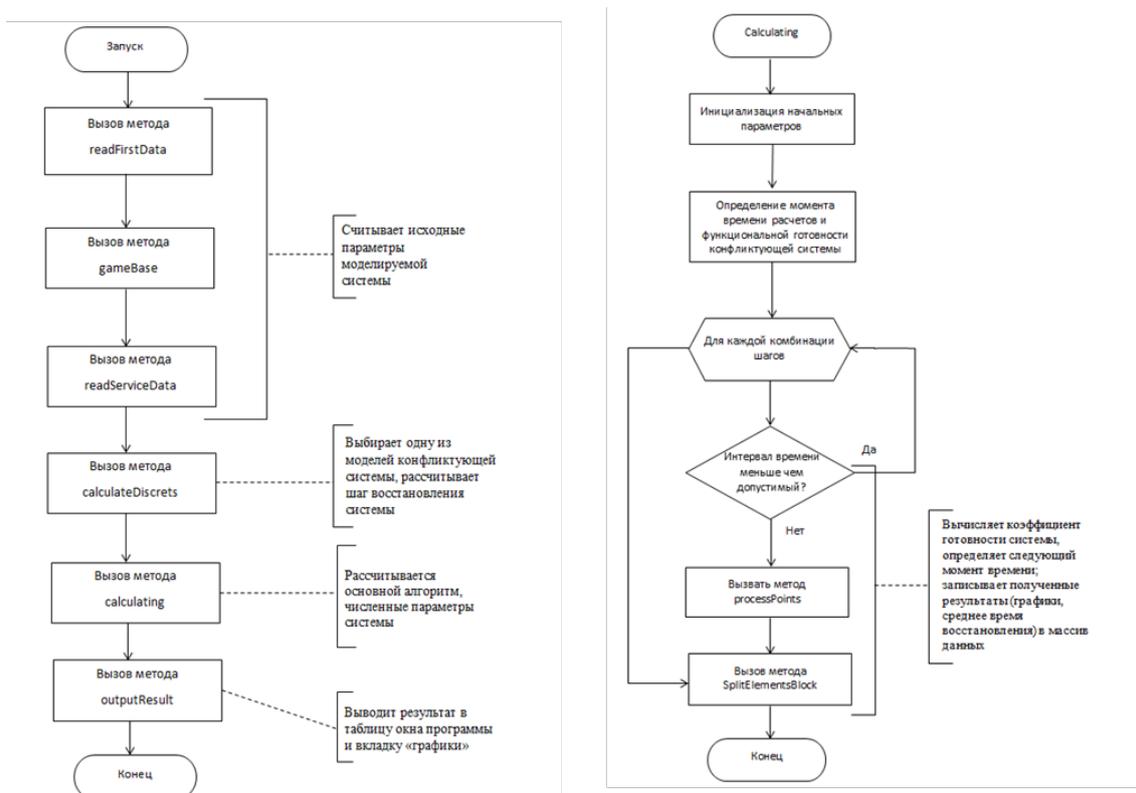


Рис. 3. Схема алгоритма программы

4. Вычисления

Для проверки работоспособности и адекватности вычислений программного приложения, реализующего решение задачи оценки готовности лесной системы к наличию риска возгорания, введём следующие данные, необходимые для вычислительных расчётов [1]. Расчёты будем проводить на примере Омского лесничества Омской области.

Для этого введём Pr – единый коэффициент противопожарных мер:

$$Pr = \frac{0,2Ap + 0,1Gs + 0,3Pf + 0,4P}{100},$$

где Ap – авиапатрулирование, Gs – наземная охрана, Pf – противопожарное обустройство лесов, P – пропаганда охраны лесов среди населения. Каждому классу противопожарных мероприятий, характерных для Омского лесничества Омской области, согласно данным Главного управления Лесного хозяйства Омской области, присвоен коэффициент значимости. Суммарное значение коэффициентов равно единице.

Коэффициент противопожарных мер может принимать значение, равное 0 или 1, в зависимости от того, будет ли происходить отказ подразделений системы подготовки к работе. Например, если из строя выйдет какое-либо мероприятие, например,

Момент времени	Коэффициент функциональной готовности	Погрешность
9	0,258537	0,000000
10	0,294649	0,000000
11	0,330426	0,000000
12	0,365623	0,000000
13	0,400039	0,000000
14	0,433518	0,000000
15	0,465939	0,000000
16	0,497211	0,000000
17	0,527268	0,000000
18	0,556068	0,000000
19	0,583587	0,000000
20	0,609813	0,000000
21	0,634752	0,000000
22	0,658417	0,000000
23	0,680829	0,000000
24	0,702019	0,000000
25	0,722020	0,000000

Среднее время восстановления системы:
9,186925

Рис. 4. Расчёты программы

наземная охрана, то $G_s = 0$. Тогда

$$Pr = \frac{0,2 \cdot 1 + 0,1 \cdot 0 + 0,3 \cdot 1 + 0,4 \cdot 1}{100} = 0,009.$$

Величина K – класс пожарной опасности (горимости). Для оценки пожарной опасности в лесу будем использовать формулы и соответствующие шкалы, предложенные советским лесоводом В.Г. Нестеровым. Шкаловая оценка пожарной опасности является универсальной и имеет пять классов пожарной опасности в лесу по условиям погоды (табл. 1) [2].

Для расчёта показателя пожарной опасности – температуры воздуха и точки росы – воспользуемся данными Информационной системы дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства ИСДМ-Рослесхоз. На рис. 6 приведены данные для Омского лесничества Омской области.

Зная входные данные, можем вычислить показатель пожарной опасности по формуле

$$PPO = \sum_{j=1}^n t_j(t_j - r_j).$$

Здесь:

t – температура воздуха j -го дня;

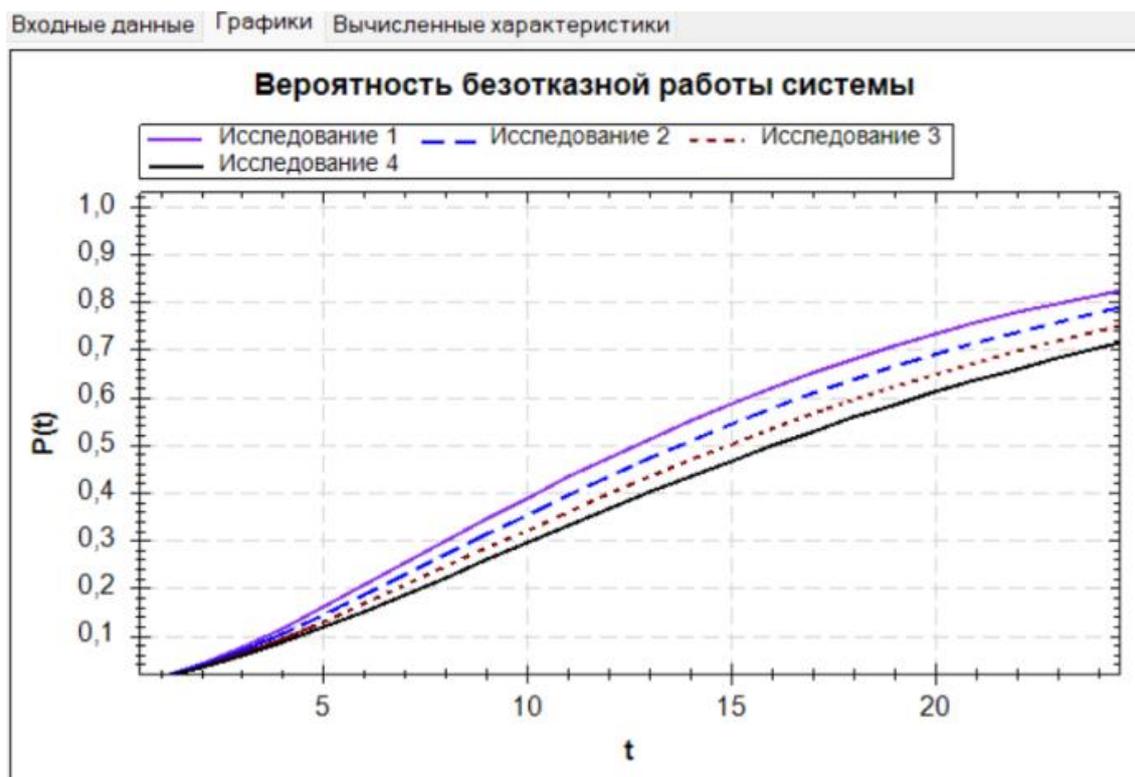


Рис. 5. Графические вычисления программы

Таблица 1. Шкала пожарной опасности в лесу по условиям погоды

Класс пожарной опасности	Величина показателя пожарной опасности	Степень пожарной опасности
I	1–300	очень малая
II	301–1000	малая
III	1001–4000	средняя
IV	4001–12000	высокая
V	>12000	чрезвычайная

r – температура точки росы j -го дня;

$j = 1$ – день, когда был дождь, $j = 2, \dots, n$ – дни без осадков;

n – число дней после последнего дождя [2].

Вычисленное значение показателя пожарной опасности можем перевести по шкале (см. табл. 1) в класс пожарной опасности и определить необходимую степень пожарной опасности. Значение среднего класса пожарной опасности будет являться величиной K . Следующим шагом вычислим значение интенсивности выполнения каждой стадии подготовки к противостоянию леса пожарам по формуле $\mu_i = Pr \cdot K$.

Сибирский ФО
Омская область

Группировать по авиаотделениям

Наименования авиаотделений, авиагрупп, оперативных точек	Часовой пояс	Крайний срок поступления данных по ночным осадкам	Т° воздуха	Точка росы	Время измерения температуры и точки росы (местное)	Суточные осадки на 9 час. мест. вр. (день+ночь)	Высота снежного покрова
1		UTC - MSK - мест.	3	4	5	6	7
Омское	GMT+6:00	1:00 - 4:00 - 7:00	+27.2 °C	+2.1 °C	...	0 мм	0 см
	GMT+6:00	1:00 - 4:00 - 7:00	+23.8 °C	+3.4 °C	...	0 мм	0 см
	GMT+6:00	1:00 - 4:00 - 7:00	+26.5 °C	-0.3 °C	...	0 мм	0 см
	GMT+6:00	1:00 - 4:00 - 7:00	+21.1 °C	-1.9 °C	...	0.1 мм	0 см
	GMT+6:00	1:00 - 4:00 - 7:00	+26.2 °C	+4.7 °C	...	0 мм	0 см
	GMT+6:00	1:00 - 4:00 - 7:00	+25.9 °C	+3.8 °C	...	0 мм	0 см
	GMT+6:00	1:00 - 4:00 - 7:00	+25.3 °C	+2.1 °C	...	0 мм	0 см

Рис. 6. Показатели пожарной опасности по условиям погоды (согласно данным ИСДМ-Рослесхоз)

Интенсивность 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.

Заключение

Таким образом, представленная постановка задачи доведена до соответствующих формул, удобных для компьютерного моделирования, а разработанная автором в [3] и зарегистрированная в фонде электронных ресурсов программа позволяет выполнить вычислительные эксперименты с учётом сделанных в статье замечаний. Предложенное алгоритмическое и программное приложения могут использоваться при анализе и в практической деятельности, в рекомендациях при проведении противопожарных профилактических мероприятий, при разработке планов тушения лесных пожаров, а также станут частью теоретической базы по изучению лесных пожаров.

Литература

1. Терентьева О.А. Экспериментальное исследование возникновения лесных пожаров с учётом профилактических мероприятий // Математическое и компьютерное моделирование: сб. материалов X Междунар. науч. конф. (Омск, 10 февр. 2023 г.). Омск: ОмГУ им. Ф.М. Достоевского, 2023. С. 208–210.
2. Нестеров В.Г., Гриценко М.В., Шабунина Т.А. Использование температуры точки росы при расчёте показателя горимости леса // Метеорология и гидрология. 1968. № 9. С. 102–104.
3. Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 21209 от 06.10.2015. Программный комплекс «Вычисление функциональной готовности технической системы при подготовке её к противоборству в конфликтной ситуации и продолжению противобор-

- ства после отказов компонентов системы с учётом надёжности человека-оператора от 09.10.2015 / В.И. Потапов, О.А. Горн; Ом. гос. техн. ун-т. Москва: ОФЭРНиО, 2015. 1 с.
4. Дорпер Г.А. Динамика лесных пожаров: монография. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. 404 с.
 5. Barovik D.V., Taranchuk V.B. Mathematical Modelling of Running Crown Forest Fires // Mathematical Modelling and Analysis. 2010. Vol. 15, № 2. P. 161–174.

**ALGORITHMIC AND SOFTWARE APPLICATION FOR SOLVING THE PROBLEM
OF READINESS OF A MULTICOMPONENT FOREST ECOSYSTEM FOR A
SITUATION WHERE THERE IS A RISK OF FIRE USING THE EXAMPLE OF
FORESTS IN THE OMSK REGION**

О.А. Terentyeva

Assistant Professor, e-mail: Anatole4ka@yandex.ru

Dostoevsky Omsk State University, Omsk, Russia

Abstract. The paper presents a statement of the problem of modeling the readiness of the forest system to a situation where there is a risk of fire. The connection between forest and conflicting systems is considered. A set of programs has been developed with the help of which, based on data from the Information System for Remote Monitoring of Forest Fires of the Federal Forestry Agency (ISDM-Rosleskhoz), it is possible to plan fire prevention measures and simulate emerging problem situations in advance.

Keywords: forest fires, mathematical modeling, software application, conflict situations.

Дата поступления в редакцию: 21.03.2024