

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Ф.М. ДОСТОЕВСКОГО

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Сборник материалов
VIII Международной научной конференции,
посвященной памяти А.Л. Иозефера

(Омск, 20 ноября 2020 г.)

© ФГБОУ ВО «ОмГУ им. Ф.М. Достоевского», 2020

ISBN 978-5-7779-2521-3



2020

О.А. Горн, А.К. Гуц

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

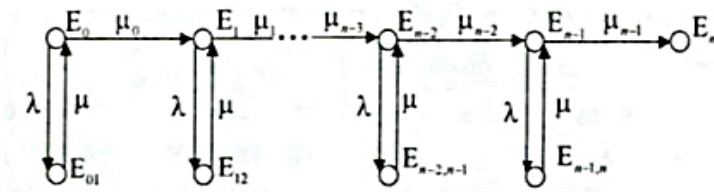
МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОТОВНОСТИ ЛЕСНОГО ФИТОЦЕНОЗА К РИСКУ ВОЗГОРАНИЯ ПОСРЕДСТВОМ МАРКОВСКИХ ПРОЦЕССОВ

Управления лесного хозяйства регионов осуществляют охрану лесов от пожаров (тушение пожаров), для чего организуют выполнение противопожарных мероприятий на землях лесного фонда. К противопожарным мероприятиям, определяющим готовность леса в противостоянии пожарам относятся: устройство противопожарных минерализованных полос; прочистка и обновление противопожарных минерализованных полос; эксплуатация лесных дорог, предназначенных для охраны лесов от пожаров; благоустройство зон отдыха граждан, пребывающих в лесах; установка и размещение стендов и других знаков и указателей, содержащих информацию о мерах пожарной безопасности в лесах; проведение профилактического контролируемого противопожарного выжигания хвороста, лесной подстилки, сухой травы и других лесных горючих материалов; иные мероприятия.

Предполагаем, что перечисленные мероприятия – это шаги $i = 1, 2, \dots, n$ в подготовке леса к противостоянию пожару. Очевидно, что любой шаг может быть не выполнен по вине людей или той или иной организации. Тогда называем это отказом системы защиты леса от пожара. Будем рассматривать процесс подготовки лесного фитоценоза к существованию в ситуации угрозы пожара в предположении, что возможности лесных хозяйств имеет конечную надежность – отсюда отказы, а люди, выполняющие противопожарные работы, так и восстановительные работы по завершению противопожарного мероприятия абсолютно надежны.

Обозначим E_i ($i = 0, 1, \dots, n$) – состояние лесного фитоценоза на i -м шаге процесса подготовки к противостоянию пожарам («подготовки к работе»); $\mu_i = \text{const}$ ($i = 0, 1, \dots, n-1$) – интенсивность выполнения i -й операции подготовки к противостоянию леса пожарам; E_{ij} ($i = 0, 1, \dots, n-1; j = 1, 2, \dots, n$) – состояние лесного фитоценоза на i -м шаге работ в случае отказа и соответственно возобновления мероприятия с последующим переходом к шагу j ; λ – интенсивность отказов подразделений системы подготовки к работе, а μ – интенсивность возобновления мероприятия после отказа.

Тогда поведение рассматриваемой системы подготовки леса к противостоянию пожару может быть описано (при условии марковского процесса) графом переходов на рис.



Граф переходов

Пусть $p_i(t)$ – вероятность нахождения лесной системы в состоянии E_i ($i = 0, \dots, n$); $p_{i,j}(t)$ – вероятность нахождения системы в состоянии E_{ij} ($i = 0, 1, \dots, n-1; j = 1, 2, \dots, n$). Тогда система подготовки к противостоянию пожарам описывается дифференциальными уравнениями Колмогорова для графа на рис. [1; 2, с. 128]:

$$\begin{aligned} p'_0 &= \mu p_{01}(t) - (\mu_0 + \lambda)p_0(t), \\ p'_k(t) &= \mu_{k-1}p_{k-1}(t) + \mu p_{k,k+1}(t) - [\mu_{k+1} + \lambda]p_k(t), \\ & \quad k = 1, 2, \dots, n-1, \\ p'_n(t) &= \mu_{n-1}p_{n-1}(t), \\ p'_{k,k+1}(t) &= \lambda p_k - \mu p_{k,k+1}. \end{aligned}$$

Решая эту систему с начальными данными $p_0(0) = 1$, $p_k(0) = 0$, $p_{i,j}(0) = 0$, ($k = 1, \dots, n; i = 0, \dots, n-1; j = 1, \dots, n$), находим степень готовности леса к риску пожара

$$\Gamma(t) = 1 - \left[\sum_{i=0}^{n-1} p_i(t) - \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=1}^n p_{ij}(t) \right].$$

Первым автором разработано программное приложение, которое вычисляет это выражение [3,4].

Таким образом, мы продемонстрировали возможность использовать марковские процессы с дискретными состояниями и непрерывным временем к описанию подготовки лесных фитоценозов к рискам возгорания.

Литература

1. *Потапов В.И.* Противоборство технических систем в конфликтных ситуациях: модели и алгоритмы. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2015. – 168 с.
2. *Венцель Е.С.* Исследование операций. – М.: Советское радио, 1972. – 550 с.
3. *Потапов В.И., Горн О.А.* Математические модели и программный комплекс для анализа функциональной готовности человеко-машинной динамической системы в конфликтной ситуации // Омский научный вестник. – 2016. – № 5 (149). – С. 136–146.
4. *Потапов В.И., Горн О.А.* Программа для решения задач оптимального управления противоборствующими подвижными объектами // Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 2014617425 от 22.07.2014 г. – М.: ФИПС, 2014.