

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ ПО ДАННЫМ ИСДМ-РОСЛЕСХОЗ

Коморовский В.С.

Сибирский государственный технологический университет

Красноярск, Россия

Наличие достоверного прогноза распространения и развития лесного пожара позволяет оценить угрозу природной среде, объектам экономики и населенным пунктам, принять необходимые меры по предотвращению ущерба, спланировать работу противопожарных сил. В настоящее время прогнозирование лесных пожаров ведется с использованием математических моделей и компьютерной техники. Сегодня известны десятки моделей распространения пожара, основанных на различных подходах и методах.

Задача разработки системы прогноза развития лесных пожаров и оценки их последствий на основе информации, собранной в ИСДМ-Рослесхоз с охватом всей лесной территории РФ, охраняемой ФГУ «Авиалесоохрана», ставится впервые и представляется достаточно сложной.

Трудность задачи определяется несколькими факторами.

- Сложный характер и изменчивость поведения крупных многодневных лесных пожаров, которые развиваются на большой площади в изменяющихся природных и погодных условиях.
- Недостаточная или неточная информация о характеристиках леса, топографии местности, локальных метеоданных.
- Малая разрешающая способность имеющихся космических снимков пожаров.
- Не всегда достоверная отчетная информация, поступающая с мест.

В силу сказанного перед разработкой непосредственно программного обеспечения прогноза развития лесных пожаров необходимо провести исследование различных методов прогнозирования на основе имеющейся в системе ИСДМ-Рослесхоз архивной информации о пожарах прошлых лет.

Важным этапом любого исследования является статистическая обработка экспериментальных данных. В случае лесных пожаров такими данными являются ретроспективные данные по пожарам, то есть площади регистрации и ликвидации пожара и метеорологические данные на период пожара.

Данные для исследования были взяты из ИСДМ-Рослесхоз, по Красноярскому краю за 2008 и 2009 годы и Магаданской области за 2008 год. Объектом исследования

являлись только крупные лесные пожары, т.е. такие площадь которых после ликвидации составляла не менее 200 га.

В первую очередь данные выборок были проверены на аномальность результатов, неоднородные данные исключены. Объем выборок составил:

- По Красноярскому краю за 2008 – 280 записей
- По Красноярскому краю за 2009 – 45 записей
- По Магаданской области за 2008 год – 69 записей

После этого, была проведена проверка, не являются ли оценки выборочной дисперсии и выборочного математического ожидания соответствующими оценками одной и той же генеральной совокупности. Проверка однородности дисперсий проводилась по критерию Фишера, математических ожиданий – по критерию Стьюдента. Проверка показала, что статистические характеристики выборок данных по лесным пожарам в разных районах, и в одном районе за разные года, в данном случае, не относятся к оценкам статистических характеристик одной и той же генеральной совокупности, и, следовательно, выборки нужно рассматривать отдельно. Для дальнейшего изучения была оставлена выборка данных по Красноярскому краю за 2008 год, как имеющая наибольший объем. Рассчитанные выборочные коэффициенты корреляции не являются значимыми, что говорит об отсутствии линейной зависимости между исследуемыми величинами.

При прогнозировании величины площади, пройденной огнем при крупном многодневном лесном пожаре важно определить характер зависимости площади пожара от времени. В литературе, посвященной расчету сил и средств, необходимых для борьбы с пожаром, динамика прироста площади пожара обычно представляется в виде кривой, приведенной на рисунке 1.

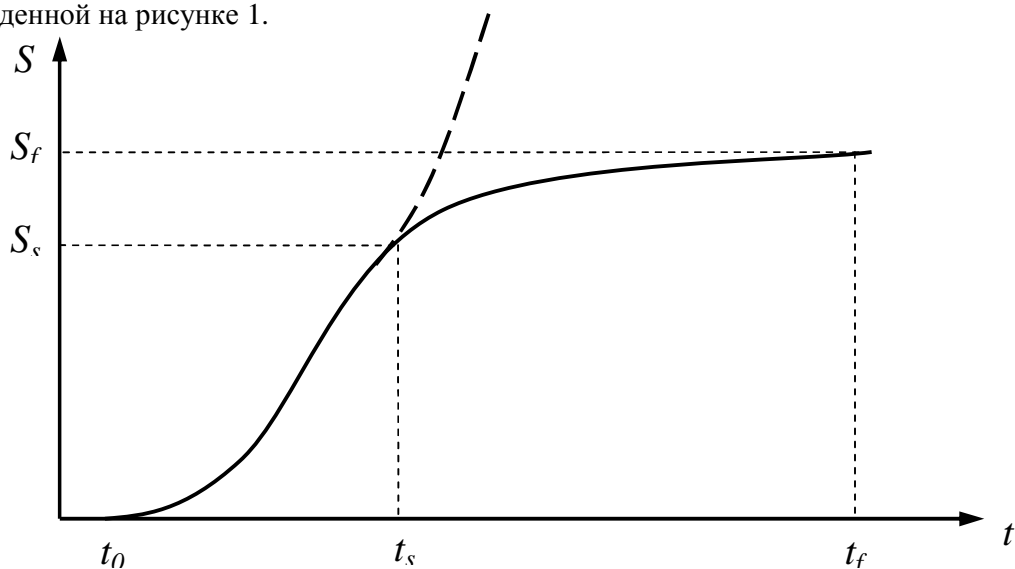


Рисунок 1 – График прироста площади пожара

t_0 - момент возникновения пожара, t_s - момент начала борьбы с пожаром, t_f - момент ликвидации пожара, S_s, S_f - соответственно, площади пожара в момент начала тушения и в момент ликвидации (общая площадь, пройденная огнем).

Для решения задачи прогнозирования площади пожара необходимо принять соответствующую математическую модель. Наиболее естественной в данном случае представляется модель вида

$$S(t) = k(t_i - t_0)^a, \quad (1)$$

где a - экспериментально определяемый показатель скорости роста площади пожара, k – постоянный множитель, t_0 - начальный момент времени, t_i - некоторый момент времени после начала пожара.

Используя модель вида (1) при выбранном параметре a , можно по данным о зарегистрированной площади пожара в различные моменты времени оценить параметры модели k и t_0 , а затем использовать модель для прогнозирования дальнейшего хода пожара.

В принципе, для грубой оценки указанных параметров достаточно знать площадь свободно распространяющегося пожара в два момента времени, т.е. иметь две точки на кривой $S(t)$ (рисунок 1) в интервале времени от t_0 до t_s .

Пусть известны площади пожара $S_1 = S(t_1)$ и $S_2 = S(t_2)$, где $t_0 < t_1 < t_2 \leq t_s$.

Тогда из (1) следует:

$$a = \frac{\ln S_1 - \ln S_2}{\ln(t_1 - t_0) - \ln(t_2 - t_0)}, \quad (2)$$

$$t_0 = \frac{t_2 S_1^{1/a} - t_1 S_2^{1/a}}{S_1^{1/a} - S_2^{1/a}}, \quad (3)$$

$$k = \frac{S_1^{1/a}}{t_1 - t_0} \quad (4)$$

В случае, когда площадь пожара известна для нескольких моментов времени, можно применять статистические методы, например, метод наименьших квадратов. Такая работа была проделана путем обработки данных по приросту площади экспериментального пожара в пойме реки Кас, контуры которого получены Институтом леса с помощью обработки аэрофотоснимков и представлены на рисунке 2.

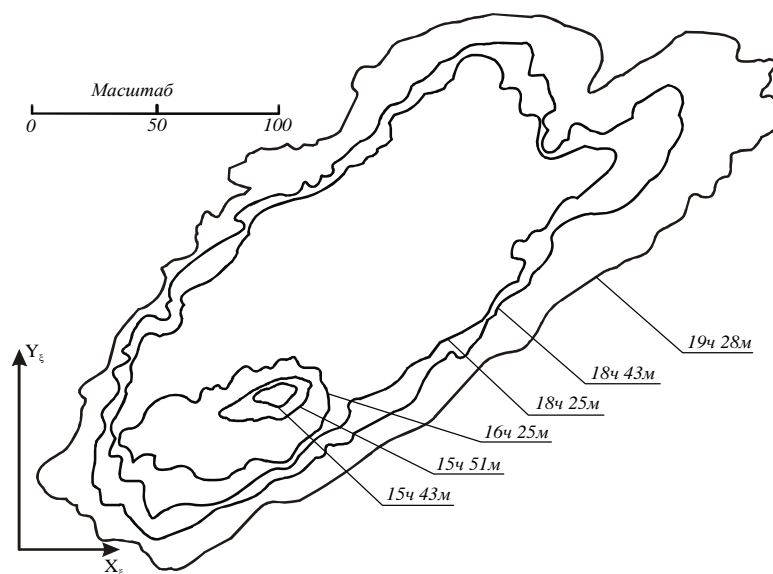


Рисунок 2 – Контуры реального пожара.

Статистическая обработка площадей реального пожара дала возможность рассчитать показатель степени $\alpha=1,65$. Таким образом, уравнение (1) будет иметь вид:

$$S(t) = k(t_i - t_0)^{1,65} \quad (5)$$

Основными методами прогнозирования распространения лесного пожара были избраны нейронные сети. Данный метод позволяет выявить скрытые зависимости между входными параметрами, что особенно важно в случае сложных многофакторных систем, какими являются лесные пожары. По архивным и оперативным данным из ИСДМ-Рослесхоз, с использованием математической модели (5) были сформированы выборки данных, по которым обучались и тестировались нейронные сети. Прогнозируемым (выходным) параметром был среднесуточный прирост площади пожара, или коэффициент k из модели (5). В качестве входных параметров использовались:

Код лесхоза.

Площадь регистрации пожара в гектарах.

Количество дней наблюдения пожара.

Код растительности местности пожара.

Температура воздуха на дату начала пожара.

Точка росы на дату начала пожара.

Дефицит точки росы в грудусах, $^{\circ}\text{C}$, на дату начала пожара.

Осадки за сутки на дату начала пожара.

По местным шкалам (методика Нестерова) КППО.

По местным шкалам (методика Нестерова) Класс ПО.

ПВ-1 КППО.

ПВ-1 Класс ПО.

ПВ-2 КППО.

ПВ-2 Класс ПО.

Размерность входного слоя варьировалась в зависимости от количества входных параметров, которое изменялось от эксперимента к эксперименту. Выходной слой состоял из 1 нейрона. В качестве нейроимитаторов использовались NeuroPro 0.25 и Statistica NeuralNetwork. В рамках исследования были обучены и протестированы более 300 нейронных сетей различной конфигурации. Процент достоверности, выдаваемых ими ответов, колеблется в пределах 86 – 94 %. Применение нейронных сетей без учителя оказалось малоэффективным для решения задач прогнозирования, однако они могут оказаться полезными при подготовке данных и классификации пожаров.

Наилучшие результаты показывают нейросети с конфигурациями:

- 8 скрытых слоёв по 10 нейронов;
- 7 скрытых слоёв по 12 нейронов.

Для решения задачи подготовки данных к нейросетевому прогнозированию использовались методы OLAP. Данные представляются в виде абстрактного многомерного куба, ребрами которого являются измерения, а внутри куба находятся значения. В качестве измерений можно задавать наиболее существенные входные параметры модели, в качестве значений используется критерий, по которому отбираются пожары для прогнозирования. В нашем случае это была общая площадь, пройденная огнем. Результаты анализа можно представить в виде процентной диаграммы, показанной на рисунке 3.

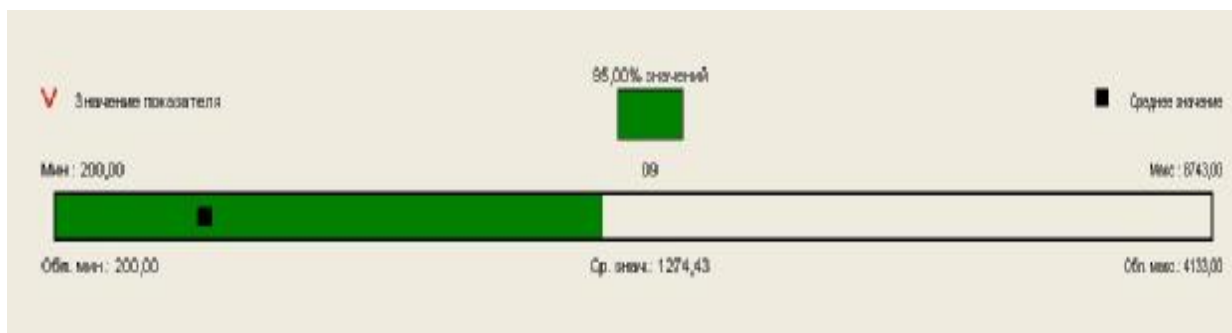


Рисунок 3 – Процентная диаграмма данных OLAP-анализа

Из представленной диаграммы видно, что 95% значений площади пожара находятся в пределах от 200 до 4133 га, средняя площадь пожара равна 1274,4 га. Пожары, площадь которых не попадает в указанные пределы, следует из выборки исключить.

В ходе работы также решалась задача построения контуров пожаров. Контур пожара (внешняя граница кромки пожара) в каждый момент времени рассматривается как непрерывная дифференцируемая линия на плоскости. В качестве моделей для вычисления скорости распространения пожара v_0 в системе использованы модель Р.Ротермела и модель М.А. Софронова. Индикатрисы вычислялись по данным Г.Н. Коровина и Н.П. Курбатского. Для построения контуров использовался метод подвижных сеток. Указанный метод реализован в программе «Тайга-2».

Можно сделать следующие основные выводы по данной работе:

- Применение традиционных методов математической статистики малоэффективно;
- Нейросетевые методы прогнозирования показывают удовлетворительные результаты на изученных выборках;
- Для подготовки и отбора данных возможно использование методов OLAP
- Существует возможность построения спрогнозированных контуров пожаров.
-

ЛИТЕРАТУРА

1. Гришин А. М. Математическое моделирование лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. Новосибирск: Наука 1992, 407 с.
2. Parlar M., Vicson R.G. Optimal Forest Fire Control: an Extension of Park's Model. - Forest Science, 1982, v. 28, N 2, p. 345-355.
3. Коровин Г.Н. Методика расчета некоторых параметров низовых лесных пожаров. - В кн.: Сборник научно-исследоват. Работ по лесному хозяйству. Труды ЛенНИИЛХ. Л., 1969, вып. XII, С. 244-262.
4. Inmon W. Building the Data Warehouse. – New York : John Willey&Sons, 1992
5. Доррер Г.А. Динамика лесных пожаров. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008, - 404 с.
6. Ишенин, П. П. Инструментальные средства построения комплексов моделей и аналитических приложений в OLAP-технологии : автореф. дис. ... канд. техн. Наук : 05.21.01 / П. П. Ишенин. – СО РАН Красноярск: 2005. – 128 с.