

Подсекция «Первые шаги в науке»

DOI 10.18699/sblai2023-34

Применение технологий и инструментов искусственного интеллекта в распознавании и прогнозировании лесных пожаров Российской Федерации

Кодиров Ш.Ш.¹, Кирпичев В.Э.²

¹ Южно-Уральский государственный университет, кафедра «Информационно-измерительная техника», Челябинск, Россия

² МБОУ СОШ № 8 имени М.И. Бусыгина, Усть-Илимск, Россия
kodirovss@susu.ru, kirpichev.vladimir@list.ru

Россия по праву считается лесной державой, на нее приходится 1/5 часть всех лесов мира, 1/2 часть всех хвойных лесов. Леса занимают ~50% всей площади страны и составляют 1.2 млрд га. Защита лесных ресурсов от пожара является важной задачей управления лесным хозяйством. Основная причина гибели лесов – это пожары. На расходы по тушению лесных пожаров выделяются и тратятся огромные средства. По данным министерства природных ресурсов, ущерб от лесных пожаров в 2021 году составил 10.6 млрд рублей. Следует заметить, что реальный экономический ущерб от лесного пожара складывается не только из урона, нанесенного лесу, промышленным и другим объектам, но и из затрат, связанных непосредственно с тушением. Соответственно для того, чтобы минимизировать выше отмеченные ущербы и затраты, необходимо на ранних стадиях локализовать и ликвидировать пожары. Однако для того чтобы на ранних стадиях предвидеть пожары, например местоположение, тип пожара, возможное время возникновения, необходимо иметь достоверные прогнозы о рисках их возникновения. Для этого необходимо разработать систему мониторинга и прогнозирования рисков возникновения пожаров с применением передовых технологии обработки данных. Из сказанного выше становится очевидна огромная важность организации надежной системы мониторинга и прогнозирования рисков возникновения пожаров для своевременного обнаружения и принятия мер по недопущению лесных пожаров, позволяющая минимизировать экономический, экологический, а в некоторых случаях и человеческий, ущерб [1–4].

Раньше проблема лесных возгораний являлась не решимой ни в одной стране мира, поскольку условия возникновения пожара, характер его поведения и возможности его тушения зависят от сочетания множества самых разных факторов, как прямых, так и косвенных. Ныне существующие прогностические модели [3–6] имеют недостаточную точность прогнозирования, а также они построены на синтетических данных, что ограничивает их применение в реальных условиях. Кроме того, в существующих моделях не учитываются временные характеристики возникновения типов пожаров. Следовательно, необходимо разработать алгоритм обработки данных и модель прогнозирования лесных пожаров, учитывающий временные и географические особенности территории Российской Федерации.

В представленной работе предлагается новая методика разработки алгоритма обработки данных и модели прогнозирования лесных пожаров по времени и по локации их возникновения для территории Российской Федерации. В данной работе применены самые передовые методы обработки данных, а также алгоритмы машинного обучения.

Основные результаты и выводы:

1. С применением алгоритма обработки данных и метода разведочного анализа данных (exploratory data analysis) выявлены неочевидные закономерности возникновения лесных пожаров, по времени и локации их возникновения. В частности, по графикам агрегированных значений возникновения лесных пожаров по месяцам года, по неделям года, по дням года, по дням месяца и дням недели выявлены явные закономерности возникновения пожаров по времени.

2. С целью минимизации неполноты информации и повышения репрезентативности информации о возникновении лесных пожаров, на основе выявленных закономерностей, с применением инструментов «инженерия данных» (data engineering) были рассчитаны и введены дополнительные дискредитирующие элементы данных.

3. Для оценки статистической взаимосвязи между типами лесных пожаров и введенными элементами данных рассчитаны парные коэффициенты корреляции и построена корреляционная матрица. По значениям коэффициентов корреляции было установлено, что рассчитанные и введенные дополнительные элементы данных являются значимыми и могут вполне использоваться в качестве входных данных для построения модели прогнозирования лесных пожаров.

4. На основе алгоритма «k-ближайших соседей (k-NN)» разработана модель прогнозирования лесных пожаров по времени и локации их возникновения. Разработанная модель на экспериментальных тестовых данных демонстрировала аккуратность (accuracy), точность (precision) и полноту (recall) прогнозирования от 0.82 до 0.925, что превосходит по точности традиционные методы на 15–20%.

5. С применением такого метода кластеризации, как k-средних (k-means clustering), экспериментальные данные о лесных пожарах по времени и локации их возникновения были кластеризованы. Это было сделано для того, чтобы дополнительно оценить схожесть и различие между типами лесных пожаров.

Литература

1. Воробьев Ю.Л. Лесные пожары на территории России: Состояние и проблемы. М.: ДЭКС-ПРЕСС, 2004.
2. Коваль Ю.Н. Анализ пожаров на территории Усинского лесничества // Безопасность жизнедеятельности. 2021;1(421):50-53.
3. Станкевич Т.С. Разработка метода оперативного прогнозирования динамики развития лесного пожара посредством искусственного интеллекта и глубокого машинного обучения // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018;22(9):111-120.
4. Барталев С.А., Стыценко Ф.В., Егоров В.А., Лупян Е.А. Спутниковая оценка гибели лесов России от пожаров // Лесоведение. 2015;2:83-94.
5. Бондур В.Г., Гинзбург А.С. Эмиссия углеродсодержащих газов и аэрозолей от природных пожаров на территории России по данным космического мониторинга // Доклады Академии наук. 2016;466(4):473-477. Doi: 10.7868/S0869565216040186.
6. Бондур В.Г., Гордо К.А., Кладов В.Л. Пространственно-временные распределения площадей природных пожаров и эмиссий углеродсодержащих газов и аэрозолей на территории Северной Евразии по данным космического мониторинга // Исследование Земли из космоса. 2016;6:3-20. Doi: 10.7868/S0205961416060105.

Application of artificial intelligence technologies and tools in the recognition and forecasting of forest fires in the Russian Federation

Kodirov Sh.Sh.¹, Kirpichev V.E.²

¹ South Ural State University, Department of Information and Measuring Equipment, Chelyabinsk, Russia

² MBOU secondary school No. 8 named after M.I. Busygina, Ust-Ilimsk, Russia
kodirovss@susu.ru, kirpichev.vladimir@list.ru

Russia is rightfully considered a forest power, it accounts for 1/5 of all the world's forests, 1/2 of all coniferous forests, forests occupy ~ 50% of the country's total area and amount to 1.2 billion hectares. Protecting forest resources from fire is an important task of forest management. The main cause of forest death is fires. Enormous funds are allocated and spent on the costs of extinguishing forest fires. According to the Ministry of Natural Resources, the damage from forest fires in 2021 amounted to 10.6 billion rubles. It should be noted that the real economic damage from a forest fire consists not only of the damage caused to the forest, industrial and other facilities, but also of the costs associated directly with extinguishing. Accordingly, in order to minimize the above-mentioned damages and costs, it is necessary to localize and eliminate fires at an early stage.

However, in order to anticipate fires at an early stage (eg location, type of fire, likely time of occurrence), it is necessary to have reliable predictions about the risks of their occurrence. To do this, it is necessary to develop a system for monitoring and predicting the risks of fires using advanced data processing technologies. From the foregoing, the great importance of organizing a reliable system for monitoring and forecasting fire risks for timely detection and taking measures to prevent forest fires, which allows minimizing economic, environmental (and, in some cases, human) damage, becomes obvious [1–4].

Previously, the problem of forest fires was unsolvable in any country in the world, since the conditions for the occurrence of a fire, the nature of its behavior and the possibility of extinguishing it depend on a combination of many different factors, both direct and indirect. The current predictive models [3–6] have insufficient forecasting accuracy, and they are also based on synthetic data, which limits their application in real conditions. In addition, existing models do not take into account the temporal characteristics of the occurrence of fire types. Therefore, it is necessary to develop a data processing algorithm and a forest fire forecasting model that takes into account the temporal and geographical features of the territory of the Russian Federation.

In the presented work, a new method for developing a data processing algorithm and a model for predicting forest fires by time and location of their occurrence for the territory of the Russian Federation is proposed. In this work, the most advanced data processing methods, as well as machine learning algorithms, were applied.

Main results and conclusions:

1. Using the data processing algorithm and the exploratory data analysis method, non-obvious regularities in the occurrence of forest fires were revealed, according to the time and location of their occurrence. In particular, according to the graphs of the aggregated value of the occurrence of forest fires by months of the year, by weeks of the year, by days of the year, by days of the month and days of the week, clear regularities in the occurrence of fires over time were revealed.

2. In order to minimize the incompleteness of information and increase the representativeness of information about the occurrence of forest fires, based on the patterns identified, using data engineering tools, additional damaging data elements were calculated and introduced.

3. To assess the statistical relationship between the types of forest fires and the input data items, paired correlation coefficients were calculated and a correlation matrix was built. According to the values of the correlation coefficients, it was found that the calculated and introduced additional data elements are significant and can be fully used as input data for building a forest fire forecasting model.

4. Based on the “k-nearest neighbors (k-NN)” algorithm, a model for predicting forest fires in time and location of their occurrence has been developed. The developed model on experimental test data demonstrated the accuracy (accuracy), accuracy (precision) and completeness (recall) of forecasting from 0.82 to 0.925, which exceeds the accuracy of traditional methods by 15–20%.

5. Using such a clustering method as k-means (k-means clustering), experimental data on forest fires by time and location of their occurrence were clustered. This was done in order to further assess the similarities and differences between wildfire types.

References

1. Vorobyov Yu.L. Forest fires in Russia: State and problems. M.: DEKS-PRESS, 2004. (in Russian)
2. Koval Yu.N. Analysis of fires on the territory of the Usinsky forestry // Safety of life. 2021;1(421):50-53. (in Russian)
3. Stankevich T.S. Development of a method for real-time forecasting of forest fire development dynamics using artificial intelligence and deep machine learning. Bulletin of the Irkutsk State Technical University. 2018;22(9):111-120. (in Russian)
4. Bartalev S.A., Stytsenko F.V., Egorov V.A., Lupyan E.A. Satellite assessment of the death of forests in Russia from fires // Lesovedenie. 2015;2:83-94. (in Russian)
5. Bondur V.G., Ginzburg A.S. Emission of carbon-containing gases and aerosols from natural fires in Russia according to space monitoring data. Doklady Akademii Nauk. 2016;466(4):473-477. Doi: 10.7868/S0869565216040186. (in Russian)

6. Bondur V.G., Gordo K.A., Kladov V.L. Spatial and temporal distributions of areas of natural fires and emissions of carbon-containing gases and aerosols on the territory of Northern Eurasia according to space monitoring data // Research of the Earth from space. 2016;6:3-20. Doi: 10.7868/S0205961416060105. (in Russian)

人工智能技術和工具在俄羅斯聯邦森林火災識別預報中的應用

Kodirov Sh.Sh.¹, Kirpichev V.E.²

¹ 南烏拉爾國立大學信息與測量設備系，俄羅斯車里雅賓斯克

² 以M. I. 命名的MBOU 8號中學 Busygina, 烏斯季伊利姆斯克，俄羅斯
kodiroyss@susu.ru, kirpichev.vladimir@list.ru

俄羅斯理所當然地被認為是一個森林大國，它佔世界所有森林的 1/5，所有針葉林的 1/2，森林占該國總面積的 ~ 50%，達 12 億公頃。

保護森林資源免遭火燒是森林經營的一項重要任務。森林死亡的主要原因是火災。

大量資金被分配和花費在撲滅森林火災的費用上。據自然資源部稱，2021 年森林火災造成的損失達 106 億盧布。

應當指出，森林火災的實際經濟損失不僅包括對森林、工業和其他設施造成的損失，還包括與滅火直接相關的成本。

因此，為了盡量減少上述損失和成本，有必要在早期階段定位並消除火災。

然而，為了在早期階段預測火災（例如位置、火災類型、可能發生的時間），有必要對其發生的風險進行可靠的預測。

為此，有必要開發一個使用先進數據處理技術監測和預測火災風險的系統。

綜上所述，建立可靠的火災風險監測和預報系統以便及時發現和採取措施預防森林火災的重要性變得顯而易見，這可以最大限度地減少經濟、環境（在某些情況下，人類）的損失 [1 - 4]。

以前，世界上任何一個國家都無法解決森林火災問題，因為火災發生的條件、火災行為的性質以及撲滅火災的可能性取決於許多直接和間接因素的組合。目前的預測模型 [3-6] 預測精度不足，而且還是基於合成數據，限制了其在實際條件下的應用。

此外，現有模型沒有考慮火災類型發生的時間特徵。

因此，有必要開發一種考慮到俄羅斯聯邦領土的時間和地理特徵的數據處理算法和森林火災預報模型。

在目前的工作中，提出了一種開發數據處理算法的新方法和一種按時間和地點預測俄羅斯聯邦境內森林火災發生的模型。

在這項工作中，應用了最先進的數據處理方法以及機器學習算法。

文學

1. Vorobyov Yu.L. Forest fires in Russia: State and problems. M.: DEKS-PRESS, 2004. (in Russian)

2. Koval Yu.N. Analysis of fires on the territory of the Usinsky forestry // Safety of life. 2021;1(421):50-53. (in Russian)

3. Stankevich T.S. Development of a method for real-time forecasting of forest fire development dynamics using artificial intelligence and deep machine learning. Bulletin of the Irkutsk State Technical University. 2018;22(9):111-120. (in Russian)

4. Bartalev S.A., Stytsenko F.V., Egorov V.A., Lupyan E.A. Satellite assessment of the death of forests in Russia from fires // Lesovedenie. 2015;2:83-94. (in Russian)

5. Bondur V.G., Ginzburg A.S. Emission of carbon-containing gases and aerosols from natural fires in Russia according to space monitoring data. Doklady Akademii Nauk. 2016;466(4):473-477. Doi: 10.7868/S0869565216040186. (in Russian)

6. Bondur V.G., Gordo K.A., Kladov V.L. Spatial and temporal distributions of areas of natural fires and emissions of carbon-containing gases and aerosols on the territory of Northern Eurasia according to space monitoring data // Research of the Earth from space. 2016;6:3-20. Doi: 10.7868/S0205961416060105. (in Russian)