

следствий стихийных бедствий» (129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, д.4), 8 (495) 617-26-83, e-mail:sednev70@yandex.ru

Аляев Павел Александрович, старший преподаватель кафедры защиты населения и территорий учебно-научного комплекса гражданской защиты Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Академия государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» (129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, д.4), 8 (495) 617-26-82, e-mail:pavel-alyaev@yandex.ru

Седнев Анатолий Владимирович, студент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)».

УДК 330.46

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Кандидат физ.-мат. наук Л.Р. Борисова

Финансовый университет при Правительстве РФ, Московский физико-технический институт (государственный университет)

Доктор сельхоз. наук, кандидат техн. наук Ю.В. Подрезов
ФБГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)

Московский физико-технический институт

А.А. Анисимов

“Интернет-решения”

Решена задача получения метеоданных и информации о пожарах из разрозненных источников; выполнен анализ методов факторного анализа и машинного обучения для решения задачи предсказания факта пожара; создан алгоритм агрегации данных в единый источник данных; проверена возможность снижения размерности методом главных компонент в массиве метеоданных; произведены оценка и анализ методов классификации на основе машинного обучения с учителем; сделаны выводы о необходимости получения большего количества параметров для проведения исследований в целях увеличения точности модели; выдвинуто предложение о создании унифицированной базы данных о метеоусловиях и лесных пожарах; разработаны рекомендации органам управления МЧС России в субъектах РФ по прогнозированию возникновения лесных пожаров на основании предложенного состава метеоданных.

Ключевые слова: анализ данных, лесные пожары, машинное обучение, метод главных компонент, методы классификации, метеорологические данные, статистические факторы, факторный анализ.

ANALYSIS OF CHANGES IN STATISTICAL FACTORS OF FOREST FIRES IN THE RUSSIAN FEDERATION

Ph.D. (Phys.-Mat.) L.R. Borisova
Financial University under the Government of RF, Moscow Institute of physics
and technology (state University)

Dr. of agricultural sciences, Ph.D (Tech) J.V. Podrezov
FC VNI GOCHS EMERCOM of Russia
Moscow Institute of physics and technology (state University)

A.A. Anisimov
"Internet solutions" LLC

Solved the problem of obtaining meteorological data and information about fires from disparate sources; the analysis methods of factor analysis and machine learning to solve the problem of the prediction of the fact of the fire; the algorithm created by aggregating data into a single data source; checked the possibility of reducing the dimensionality by principal component method in the array of meteorological data; the assessment and analysis of classification methods based on machine learning with a teacher; the conclusions about the necessity of getting a larger number of settings for conducting studies in order to increase the accuracy of the model; a proposal for the creation of the unified database on conditions and forest fires; developed recommendations to the management bodies of EMERCOM of Russia in the constituent entities of the Russian Federation on the prediction of forest fires based on meteorological data of the proposed composition.

Key words: data analysis, forest fires, machine learning, principal component method,; classification methods, meteorological data, statistical factors, factor analysis.

Крупные лесные пожары являются критически значимой опасностью для многих стран мира, и прежде всего, для Российской Федерации, имеющей самые большие лесные площади в мире.

Возникновение лесных пожаров разных масштабов и неразрывно связанных с ними чрезвычайных лесопожарных ситуаций, а также положительная динамика рисков (в последние годы) возгораний характеризуется большим набором причин, факторов и воздействий. К основной причине возгораний на лесных площадях относится деятельность человека, но статистически ее трудно оценить, и она является некоторого рода случайным процессом. С другой стороны, есть множество природных факторов, которые так или иначе связаны в итоге с шансом возникновения, распространения и ослабления горения лесов. И, благодаря наличию исторических баз данных по таким показателям как влажность и температура воздуха, количество осадков, сила и направление ветра, появляется возможность выработать гипотезы по зависимости частоты и размеров пожаров от указанных характеристик [1,2].

Лесной пожар является источником крайне опасной ЧС, несущей материальный, социальный и экологический ущерб. Множественные примеры в истории подтверждают угрозу жизни людей, их жилищу и ресурсам, а также глобальный вред животнорастительному миру, который может не подлежать восстановлению. Из этого следует государственная важность проблемы создания доступных инструментов по предотвращению и борьбе с подобными опасными процессами на территории страны. Для определения вероятности возникновения опасности в том или ином случае необходима максимально точная модель прогнозирования, основанная на общедоступных мониторинговых данных. Создание такого метода предупреждения лесных пожаров (возгораний) является крайне актуальной научной задачей, имеющей важное прикладное значение, в том числе для экономики страны.

Были проведены исследования целью, которых в данной области являлось создание для органов управления МЧС России в субъектах РФ математического аппарата прогнозирования возгораний на лесной площади по имеющимся мониторинговым данным для предотвращения лесных пожаров и вызываемых ими чрезвычайных лесопожарных ситуаций.

Для проведения анализа и исследований была использована большая выборка по метеоданным из разных точек нашей страны в формате ежедневных значений. Такой формат позволяет при дальнейших исследованиях создать временные ряды по предложенным параметрам, на основании которых возможен дальнейший анализ их влияния на факты возгораний лесного массива.

Получение данных возможно разными способами, в зависимости от текущей ситуации. В оптимальных для исследования условиях возможно создание запроса на финальную обработанную информацию, но на практике готовой базы данных нет.

Для исследования метеорологических явлений и получения исторической сводки использовали данные из открытого массива данных Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных (далее - ВНИИГМИ-МЦД) [3].

Указанный массив создан на основании замеров 223 станций на территории стран бывшего СССР и датируется от 1966 года по некоторым из них. В дальнейшем, за время работы, он был расширен до архива по 600 метеостанциям с разным территориальным расположением. Для упрощения задачи исследования из списка всех метеостанций были выбраны 73, по одной для каждого субъекта страны (при их наличии и опуская исследование при отсутствии данных).

Результатом стала таблица взаимного соответствия территорий России, индекса ВМО (синоптического индекса, назначаемого метеорологическим станциям), однозначно характеризующим одну станцию и ее данные и города, в котором производились замеры для облегчения восприятия информации (рис. 1). Таблица отсортирована по алфавиту по столбцу регион и сопровождается порядковыми номерами строк для удобства навигации при чтении. Так же в таблице указан файл данных, о котором будет больше информации далее.

Далее данные по необходимым метеостанциям были получены в системе «*Aicori – Удаленный доступ к ЯОД-архивам*» через личный логин, доступный после регистрации. Хранилище содержит большое количество информации по множеству метеопараметров и уже готовые предварительно рассчитанные величины (локальные экстремумы, усреднения значений за определенный период) в разных разрезах по времени. Для данного исследования они избыточны, и взяты только данные по температуре воздуха, влажности, выпавших осадках (в миллиметрах) и скорости ветра в ежедневном срезе. Внешний вид интерфейса выбора метеостанций для получения данных.

Учитывая нестабильность погодных условий и необходимость получения актуальной мониторинговой информации, оперативные данные на метеостанции снимаются не-

сколько раз в день через заранее определенные промежутки времени. Далее, при переносе результатов в архивном формате они усредняются для удобства работы с ними в формате одного значения в день. Для анализа больших массивов данных использованный подход является выигрышным, и позволяет сберечь вычислительные мощности при незначительной потере точности результата. Дальнейшее усреднение значений может сыграть негативную роль в разработке модели, для которой итоговый результат должен предоставлять данные с определенной точностью, равной одному календарному дню. Внешний вид интерфейса выбора метеостанций для получения данных представлен на рис. 2.

№	Регион	Город	Индекс ВМО	Файл
1	Алтай	Кош-Агач	36259	kosh-agach_temp_prec_hum_wind_visib.xlsx
2	Алтайский край	Барнаул	29838	barnaul_temp_prec_hum_wind_visib.xlsx
3	Амурская область	Благовещенск	31510	blagoveshchensk_temp_prec_hum_wind_visib.xlsx
4	Архангельская область	Архангельск	22550	arhangelsk_temp_prec_hum_wind_visib.xlsx
5	Астраханская область	Астрахань	34880	astrahan_temp_prec_hum_wind_visib.xlsx
6	Башкортостан	Уфа	28722	ufa_temp_prec_hum_wind_visib.xlsx

Рис. 1. Вид части таблицы сопоставления субъектов РФ и метеостанций

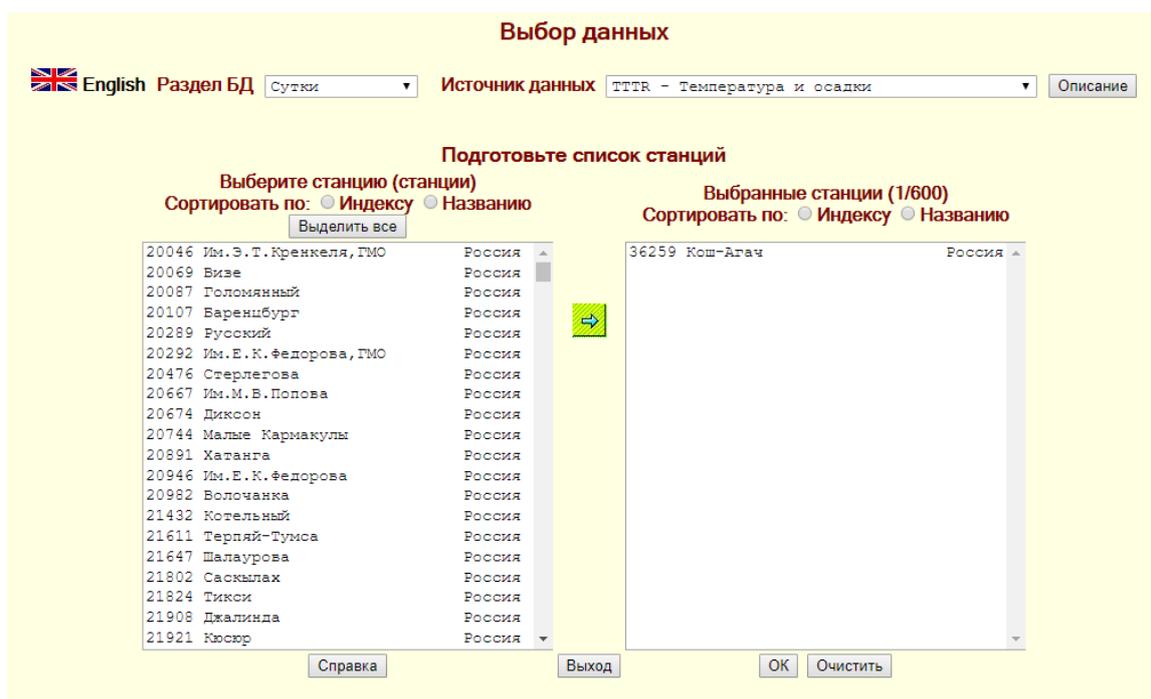


Рис. 2. Внешний вид интерфейса выбора метеостанций для получения данных

Выбрав желаемые метеостанции, период замеров и необходимые для изучения величины, пользователь получает данные в формате столбцов данных без заголовков, разделенных табуляцией либо символом «;» в формате *txt* и отдельным файлом-справкой в аналогичном формате.

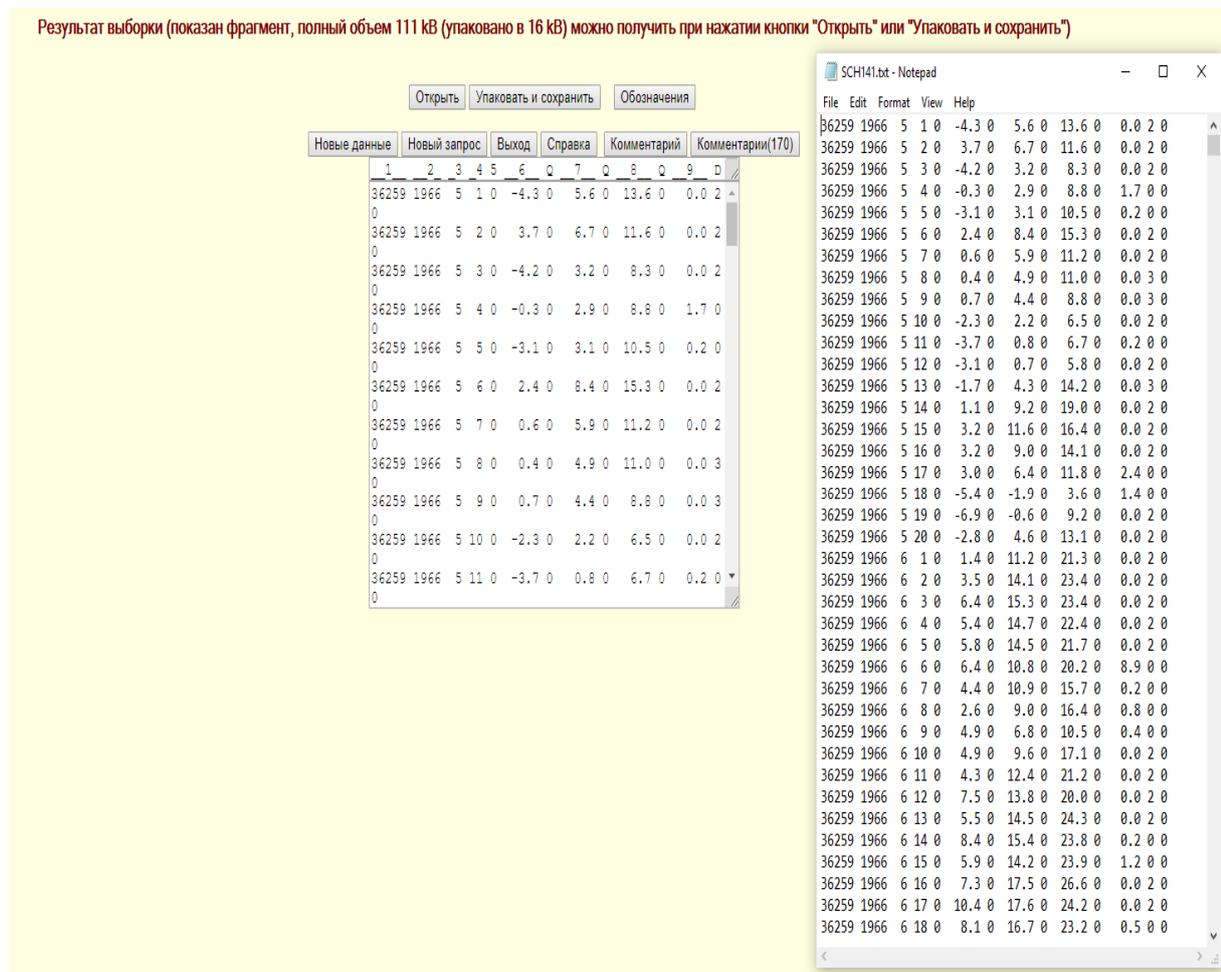


Рис. 3. Пример выгруженных из системы «Аисори – Удаленный доступ к ЯОД-архивам» данных по метеостанции

Подобный формат удобен для хранения, но анализ текстового файла затруднителен, поэтому для дальнейшей работы данные перенесены в книгу *xlsx* с добавлением заголовком и хранением значений в отдельных столбцах.

Отдельно для дальнейшего исследования получены данные о лесных пожарах в субъектах РФ из открытых данных ФБУ «Авиалесоохрана», расположенных в Информационной системе дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства. Информация предоставлена в упрощенном виде и представляет собой разбитые по ранее выбранным регионам факты возникновения лесных пожаров в определенную дату с указанием видимости и причины ее ухудшения, при наличии таковой. Для удобства работы информация была сразу агрегирована с метеопоказателями на отдельных листах книг *xlsx*, о чем подробно описано далее.

Отдельно стоит рассмотреть методику усреднения данных по субъекту на основании одной метеостанции. Для геотерриториальных особенностей страны данная аппроксимация может сыграть негативную роль в точности предсказаний и давать точные результаты только в определенной окрестности. При дальнейшей разработке инструментария необходимо решение отдельной задачи классификации, основанной на получении точных координат каждой точки замера метеоусловий и присвоении им отдельных подответств-

венных зон. Данные о пожарной активности так же требуют дополнения координатами и площадью возгорания, которые возможно получить со спутниковых снимков лесных площадей, привязанных к координатной сетке. Реализация задачи так же доступна на языке Python при подключении библиотек, позволяющих работать с картографическими данными и модели классификации, обучаемой с учителем.

Обработка большого массива данных велась тремя методами машинного обучения [4]: по методу дерева решений, методу случайного леса и методу k-ближайших соседей. Были построены ROC-кривые для каждого из этих методов. Результирующие оценки точности приведены в итоговой табл. 1.

Таблица 1

Краткий итог исследования

Модель	Показатель Average precision
DecisionTreeClassifier	0.05
KNeighborsClassifier	0.025
RandomForestClassifier	0.025

Среди всех имеющихся моделей большую точность показало простое дерево решений, так же давшее наибольшую скорость расчета результата, однако точность всех моделей небольшая.

Резюмируя итоги исследования, можно сделать вывод о недостаточной точности любой из предложенных моделей для использования на постоянной основе даже после подбора параметров, улучшающих точность. Данная проблема может быть связана с недостатком дополнительных параметров, так как задача классификации сильно осложнена нахождением выборки условий, повлекших возникновение пожара внутри более объемной выборки пожаро-безопасных условий. Получение данных о возможных влияющих факторах другой природы может дать резкое увеличение точности модели, так как будет являться критически-важным параметром классификации. Добавление весов в модель позволило улучшить точность, но для итогового инструмента точность слишком низка. Важным примечанием также является необходимость выборки правильной метрики, так как другие методы оценки точности ошибочно показывали высокие значения, на основании которых могли быть предприняты некорректные решения.

На данный момент созданную модель необходимо использовать в режиме реального времени с целью дообучения по обновляющейся информации и добавления новых параметров, имеющих возможную связь с возгоранием в лесных зонах, что позволит в будущем добавить ее в активный инструментарий органов управления МЧС России по достижению необходимой стартовой точности предсказания наравне с другими работающими методами. Перспектива данного подхода заключается в быстрой возможности проверить результат и произвести необходимые корректировки в модель.

Можно сделать вывод о том, что при выполнении работы достигнута цель исследований, заключающаяся в проверке возможности создания модели предсказания факта лесного пожара на основе исторических данных с использованием методов классификации для повышения оперативности реагирования органов управления МЧС России на лесные пожары и вызываемые ими чрезвычайные лесопожарные ситуации.

Литература

1. Подрезов Ю.В., Шахраманьян М.А. Методологические основы прогнозирования динамики чрезвычайных лесопожарных ситуаций. Монография. Издание первое. - М.: ВНИИ ГОЧС. - 2001.
2. Подрезов Ю.В., Шахраманьян М.А. Методологические основы прогнозирования последствий чрезвычайных лесопожарных ситуаций. Монография. Издание первое. - М.: ВНИИ ГОЧС. - 2001.
3. <http://www.meteorf.ru/about/structure/niu/354>.
4. Соловьев В.И. Анализ данных в экономике. - М.: «Кнорус», 2019.

Сведения об авторах

Борисова Людмила Робертовна, доцент департамента анализа данных, принятия решений и финансовых технологий Финансового университета при Правительстве РФ; доцент кафедры «Высоких технологий в обеспечении безопасности жизнедеятельности» МФТИ (ГУ). Тел. 8-916-245-71-27 E-mail: borisovalr@mail.ru.

Подрезов Юрий Викторович, доцент, главный научный сотрудник научно-исследовательского центра ФГБУ ВНИИ ГЧС (ФЦ); заместитель заведующего кафедрой Московского физико-технического института (государственного университета). Тел.: 8-903-573-44-84; e-mail: uvp4@mail.ru;

Анисимов Артем Константинович, ведущий аналитик ООО «Интернет-решения». Тел.: 8-915-040-35-99; e-mail: a-anisimov@phystech.edu.

УДК 621.039.58

ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ АВАРИИ НА АПЛ В БУХТЕ ЧАЖМА ПО МЕЖДУНАРОДНОЙ ШКАЛЕ ЯДЕРНЫХ И РАДИОЛОГИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ (ИНЕС)

**Кандидат физ.-мат. наук Д.А. Припачкин, А.В. Шикин,
доктор техн. наук В.Л. Высоцкий, С.Н. Красноперов, С.В. Дьяков
Институт проблем безопасного развития атомной энергетики
Российской академии наук (ИБРАЭ РАН)**

Проведен анализ исходных данных, и выполнена оценка события «авария на АПЛ К-431 в бухте Чажма» по шкале ИНЕС в соответствии с методологией оценки событий по шкале ИНЕС.

Классификация события была выполнена по трем критериям: «Воздействие на человека и окружающую среду»; «Воздействие на радиологические барьеры, средства и системы управления установки»; «Воздействие на глубокошелонированную защиту установки». С учетом консервативного подхода общая оценка события «авария на АПЛ К-431 в бухте Чажма» с учетом всех критериев оценена на уровне 5 шкалы ИНЕС (Авария с широкими последствиями).

Ключевые слова: ядерная авария, Чажма, атомная подводная лодка, шкала ИНЕС, оценка, последствия для населения и территорий.