

ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

***Аннотация.** В работе рассмотрена цифровая платформа, предназначенная для прогнозирования возникновения лесных пожаров. Платформа объединяет базы данных, сервисы обработки и анализа разноформатных данных. Результатом реализации станет повышение объективности оценки пожарной опасности в лесу.*

I.V. Bychkov, R.K. Fedorov, A.K. Popova

Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory SB RAS
Irkutsk, Russia

DIGITAL PLATFORM FOR FOREST FIRE PREDICTION

***Abstract.** The paper considers a digital platform designed to predict the occurrence of forest fires. The platform combines databases, services for processing and analyzing multifformat data. The result of the implementation will be an increase in the objectivity of the assessment of forest fire danger.*

По состоянию на 2022 г. площадь земель лесного фонда Российской Федерации составила 1,19 млрд. га. (46,4 % площади страны) – более 20 % всех лесов планеты. Общий запас насаждений составил 82500,07 млн. м³. Наибольшие объемы древесины в Российской Федерации представлены лиственницей, сосной, березой и елью. Сосна, ель и лиственница относятся к наиболее ценным породам. Регионами с максимальной лесистостью являются Иркутская область (82,3 %), Приморский край (77,6 %), Костромская область (73,4 %), Коми (72,7 %) и Пермский край (71,3 %) [1].

На территории лесного фонда страны на протяжении 2009–2021 гг. возникло более 212,5 тыс. лесных пожаров на общей площади около 147,4 млн. га (около 8,6 % площади всей страны). Средняя площадь лесного пожара за этот период составила 693,7 га, средняя площадь лесных пожаров за год – 11,3 млн. га [2].

По данным Рослесхоза средний размер ущерба от лесных пожаров в год составляет около 300 млн. долларов США, из них от 45,2 до 75,3 млн. долларов США – ущерб лесному хозяйству (потери древесины). Остальные потери – расходы на тушение и последующую расчистку выгоревших участков, ущерб от гибели животных и

загрязнения продуктами горения, затраты на восстановление лесных насаждений.

Особенностью Российской Федерации является наличие «зон контроля лесных пожаров» – территорий (расположенных в труднодоступных и удаленных областях с низкой плотностью населения при отсутствии крупных объектов экономики), где прогнозируемые затраты на тушение природных пожаров превышают ожидаемый ущерб, который может быть ими причинен. Природные пожары в зонах контроля находятся под наблюдением посредством авиационных и/или космических средств. Значительная часть зон контроля расположена в Сибири и на Дальнем Востоке.

Лесной пожар влияет на характеристики почвы, способствует глобальной эмиссии углерода и изменению климата. Лес играет ключевую роль в поглощении глобальных выбросов парниковых газов, а лесные пожары усиливают карбоновый след, подрывая усилия по сохранению климата. Поэтому эффективная борьба с лесными пожарами необходима для продуктивного использования лесных ресурсов, защиты окружающей среды и поддержания широкомасштабного экологического баланса.

Последствия природных пожаров могут быть значительно уменьшены (на 10 % - 20%) осуществлением предупредительных мер за счет более качественного прогнозирования. Поэтому в современном мире системы прогнозирования пожарной опасности территории приобретают все больше значение.

С конца 1970-х годов данные ДЗЗ широко используются как для обнаружения активных лесных пожаров, так и для картирования выгоревших территорий путем использования теплового контраста между пламенем и фоном и оценки влияния пожара на отражательную способность растительности. Для мониторинга состояния лесных ресурсов чаще используют мультиспектральные данные спутников высокого разрешения. Они позволяют точно оценить масштабы пострадавших от пожаров территорий и процента выгорания в различных масштабах. Для получения точной оценки состояния леса мультиспектральные данные ДЗЗ должны включать, кроме видимого диапазона, каналы области красного края (680-730 нм), NIR (740-1000 нм) и SWIR диапазона (900-2500 нм) спектра. В этих областях проходят пики отражения света хлорофиллом растений, поэтому они важны для оценки состояния деревьев.

Для прогнозирования лесных пожаров разрабатывается цифровая платформа (рис.1), в которую входит программный комплекс оценки состояния лесных угодий, мониторинга пожарной и метеообстановки,

прогноза возникновения лесных пожаров на основе результатов космического мониторинга с помощью данных ДЗЗ с применением облачных технологий и методов искусственного интеллекта [3]. При этом под цифровой платформой понимается совокупность цифровых пространственно-временных данных, моделей и инструментов информационно, алгоритмически и технологически интегрированных в единую автоматизированную функциональную среду, предназначенную для управления заданным видом деятельности с организацией взаимодействия заинтересованных участников.



Рис. 1- Общая схема цифровой платформы

За основу методики прогнозирования лесных пожаров берется Европейская система оценки пожарной опасности, шесть базовых компонентов которой обеспечивают прогнозирование возникновения и поведения лесного пожара. Для учета природных условий исследуемой территории (типы растительности, лесной подстилки, рельеф) в программный комплекс добавлены методы интеллектуального анализа данных ДЗЗ. В качестве входных данных как предикторы пожара используются:

- метеорологические данные (температура, влажность, количество осадков, сила ветра, облачность, данные о сухих грозях);
- данные о рельефе местности (высоты, склоны, уклоны);
- данные о близости к природным и инфраструктурным объектам;
- данные о наземном покрове (вид растительности, возраст) и состоянии поверхности почвы, полученные в результате классификации;

- многовековые пожарные хронологии, построенные на основе анализа повреждений высоковозрастных деревьев пожарами разных лет;
- гидро-климатические модели.

Цифровая платформа основана на геопортале ИДСТУ СО РАН, доступ к которому осуществляется через веб-браузер, позволяя работать с реляционными, пространственно-временными, картографическими данными, данными ДЗЗ. С геопорталом связан каталог снимков ДЗЗ, размещенный в системе хранения данных ИДСТУ СО РАН. В каталоге хранятся снимки со спутников Landsat, Sentinel-2, Sentinel-5P, Роскосмоса.

Для формирования базы предикторов пожара собирается ретроспективные данные о возникновении лесных пожаров за несколько предыдущих лет на основе информации о термоточках со спутниковых данных. Также в ИДСТУ СО РАН в 2021-2022 году проведена работа по классификации наземного покрова Иркутской области по данным ДЗЗ. Летние снимки Sentinel-2 были классифицированы нейронной сетью ResNet-50 по 12 классам (вода, поселения, лес, поля, открытая почва и др.). Достигнута точность классификации 90%, позволяющая создать достоверную базу данных классов наземного покрова Иркутской области. В настоящее время ведется разметка гарей от лесных пожаров по снимкам Sentinel-2. В дальнейшем это позволит добавить класс «Гарь» к набору классификации и с более высокой точностью определять выгоревшие территории, отсекая промышленные термоточки.

На основе методов дендрохронологии будет проведен ретроспективный анализ горимости лесных территорий и анализ многовековой хронологии лесных пожаров, что позволит формировать вероятностный прогноз их возникновения. Использование методов анализа закономерностей сезонных вариаций влажности полога леса, напочвенного покрова и растительных горючих материалов, моделирование внутрисезонной динамики теплового режима подстилающей поверхности помогут точнее оценивать текущую метеобстановку.

Для прогнозирования лесопожарной и метеобстановки в цифровой платформе собирается база метео данных и солнечной активности. Совместный анализ баз метео данных и лесных пожаров позволит установить дополнительные связи между фактом возникновения пожара и погодными условиями.

Для решения задачи прогнозирования возникновения лесных пожаров разрабатывается метод машинного обучения на основе

нейронной сети, позволяющий проводить классификацию территории по степени риска возникновения лесного пожара. На основе ретроспективных данных о лесных пожарах будет сформирована обучающая выборка и обучена нейронная сеть с учетом всевозможных предикторов пожара. По результатам обучения будет получена информация о факторах, наиболее влияющих на возникновение и поведение пожара. Оценка ущерба лесных пожаров будет осуществлена на основе анализа информации об изменениях наземного покрова, состава атмосферного воздуха.

Создаваемая цифровая платформа прогнозирования возникновения лесных пожаров призвана объединить современные методы и технологии сбора и анализа разноформатных данных. Это позволит объективнее оценивать степень пожарной опасности в лесах, учитывать различные сценарии развития ситуации.

Список использованных источников

1. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году. Государственный доклад. – М.: Минприроды России; МГУ им. М.В. Ломоносова, – 2021. – 864 с.

2. Лупян Е.А., Барталев С.А., Балашов И.В., Егоров В.А., Ершов Д.В., Кобец Д.А., Сенько К.С., Стыценко Ф.В., Сычугов И.Г. Спутниковый мониторинг лесных пожаров в 21 веке на территории Российской Федерации (цифры и факты по данным детектирования активного горения) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2017. Т. 14. № 6. – С. 158–175.

3. Kalantar B., Ueda N., Idrees M. O., Janizadeh S., Ahmadi K., Shabani F. Forest fire susceptibility prediction based on machine learning models with resampling algorithms on remote sensing data. Remote Sensing, 12(22), 2020. P. 1–24. <https://doi.org/10.3390/rs12223682>

УДК 674.8

А.Р. Валеева, С.А. Забелкин, К.Т. Толибхонова

Казанский национальный исследовательский
технологический университет
Казань, Россия

ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ СЫРЬЯ ДЛЯ СИНТЕЗА ФЕНОЛОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СМОЛ