

Научная статья
УДК 303.732
<https://doi.org/10.24143/2072-9502-2022-4-26-34>
EDN CMTCPH

Системный анализ факторов, влияющих на возникновение лесных пожаров в Северо-Западном федеральном округе

Сергей Александрович Иванов

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова,
Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики,
Санкт-Петербург, Россия, kemsii@mail.ru*

Аннотация. Проведен системный анализ факторов (антропогенные, погодные условия, типы лесов), влияющих на возникновение лесных пожаров. Определены разноуровневые классификации для каждого множества факторов с включением термов, которые позволяют лицу, принимающему решения, работать с естественным для него языком. Предложена интегральная оценка риска возникновения лесного пожара, которая описана нечеткой моделью, содержащей терм-множество. Разработана структура системы критериев, по которым можно определить риск возникновения пожара. Предложенная интегральная оценка может служить дополнением к существующей классической шкале оценки пожарной опасности в лесах. Она включает параметры, характеризующие погодные условия, и используется в большом количестве стран надзорными органами. Для дифференцирования оценки пожарной безопасности в России также учитываются параметры лесхозов на исследуемой территории. На основе предложенных структур матриц разработана первичная база данных, которая в дальнейшем будет наполняться автоматически из открытых источников государственных информационных систем. Данные в системах формируются с разной периодичностью, большинство из них – ежедневно, что позволяет проводить качественный мониторинг и следить за изменением текущей ситуации в конкретном регионе. На основе шкалы пожароопасности можно будет получать оптимальную оценку риска возникновения пожара за счет анализа большего количества факторов, нежели в классической оценке. Для последующей реализации метода поддержки принятия решений разработаны матрицы на основе открытых данных государственных информационных систем. Использование разработанных и заполненных матриц как единого data set возможно при помощи модуля поддержки принятия решений, который в дальнейшем планируется реализовать на базе языка Python.

Ключевые слова: лесные пожары, классификация факторов возникновения пожаров, оценка пожарной опасности, коэффициент важности, матрица экспертных оценок, интегральная оценка

Для цитирования: Иванов С. А. Системный анализ факторов, влияющих на возникновение лесных пожаров в Северо-Западном федеральном округе // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2022. № 4. С. 26–34. <https://doi.org/10.24143/2072-9502-2022-4-26-34>. EDN CMTCPH.

Original article

Systems analysis of factors causing forest fires in Northwestern Federal District

Sergey A. Ivanov

*Saint-Petersburg State Forest Technical University,
Saint-Petersburg University of Management Technologies and Economics,
Saint-Petersburg, Russia, mel292016@mail.ru*

Abstract. A systematic analysis of the factors causing forest fires (anthropogenic and weather conditions, types of forests) has been carried out. Multi-level classifications are defined for each set of factors with the inclusion of terms that allow the decision makers to work with their natural language. An integral forest fire risk assessment is proposed, which is described by a fuzzy model containing a term-set. The structure of the system of criteria by which it is possible to determine the risk of fire has been developed. The proposed integral assessment can serve as an addition to the existing classical scale for assessing fire hazard in forests. It includes the parameters characterizing weather conditions and is used in a large number of countries by supervisory authorities. To differentiate the assessment of fire

safety in Russia, the parameters of forestry enterprises in the study area are also taken into account. Based on the proposed matrix structures, a primary database has been developed, which in the future will be filled automatically from open sources of state information systems. The data in the systems are generated at different intervals, most of them daily, which allows for high-quality monitoring and control over the changes in the current situation in the appointed region. Based on the fire hazard scale, it will be possible to obtain an optimal assessment by analyzing a larger number of factors than in the classical assessment. For the subsequent implementation of the decision support method, matrices have been developed using the open data from state information systems. Applying the developed and completed matrices as a single data set is possible with the help of a decision support module, which is planned to be further implemented using the Python language.

Keywords: forest fires, classification of fire generating factors, fire hazard assessment, importance factor, matrix of expert assessments, integral assessment

For citation: Ivanov S. A. Systems analysis of factors causing forest fires in Northwestern Federal District. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics.* 2022;4:26-34. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2022-4-26-34>. EDN CMTCPH.

Введение

Лесные пожары представляют собой большую проблему для различных территорий России. Они не только наносят урон экономике и экологии, но часто ставят под угрозу человеческие жизни. Для Российской Федерации, в которой леса занимают значительную территорию, снижение площадей лесных пожаров является одной из ключевых задач.

Общая площадь земель лесного фонда, по данным ФГБУ «Рослесинфорг», на 2021 г. составляет 1 млрд 187,6 млн га (включая леса на особо охраняемых природных территориях и в населенных пунктах). С 2019 г. в рамках федерального проекта «Сохранение лесов» ежегодно высаживается порядка 1 млн га саженцев деревьев. При этом в России в год регистрируется от 9 до 35 тыс. лесных пожаров, охватывающих площади от 500 тыс. до нескольких миллионов гектаров. Согласно данным МЧС России и Федерального агентства лесного хозяйства (Рослесхоз), с начала 1992 г. по конец 2018 г. в России было зарегистрировано более 630 тыс. лесных (затронувших земли лесного фонда) пожаров [1].

Наибольшая площадь пожаров в современной истории России наблюдалась в 2021 г. Согласно статистике МЧС, она составила более 18 млн га. Всего в стране за год было зарегистрировано 3 210 природных пожаров, дым от горящих лесов впервые за историю спутниковых наблюдений достиг Северного полюса [2].

Решение проблем, связанных с возникновением лесных пожаров, – актуальная задача для России, которая требует комплексного подхода в решении. Немаловажную роль играет прогнозирование возникновения пожаров в зависимости от факторов, сложившихся на природной территории. Современные информационные технологии позволяют не только решать вопросы прогнозирования с высокой точностью, но и оказывать интеллектуальную поддержку принятия управленческих решений при реализации мер предупреждения возникновения очагов возгорания.

Системный анализ факторов

Для решения задачи прогнозирования возникновения лесных пожаров и выбора методов под-

держки принятия решений при возникновении очагов возгорания необходимо определить факторы, влияющие на появление термических аномалий, и сформировать систему критериев, которая позволит решить многокритериальную задачу прогнозирования.

На возникновение лесных пожаров влияет множество факторов: антропогенные, погодные условия, типы лесов. Характеристики пожаров и их последствия в различных регионах имеют свои особенности, поэтому в каждом регионе необходимы исследования по оценке пожаров с учетом местных лесорастительных условий [3]. Увеличение количества возгораний в лесах связано как с объективными процессами, такими как увеличение уровня хозяйственного освоения территорий, так и с организационными недостатками в деятельности лесной охраны [4].

Антропогенные факторы, определенные множеством A , делятся на две категории: социальные, определенные множеством A^I (уровень урбанизации, численность населения, самосознание населения), и техногенные, определенные множеством A^{II} (состояние систем тепло- и энергоснабжения, безопасность технологических объектов и оборудования, использование пожароопасных материалов, концентрация промышленных объектов на территории, доступность потенциальных очагов возгорания). При разработке градаций необходимо учитывать, что лицо, принимающее решение (ЛПР), не является ИТ-специалистом и не знает внутренней структуры системы критериев с коэффициентами важности каждого из них, а также весовых критериев. Исходя из этого градации должны включать в себя термы на естественном для ЛПР языке.

Погодные факторы, определенные множеством T , включают в себя температурные режимы, скорость ветра и осадки.

Для учета влияния антропогенных, погодных факторов предлагается трехуровневая классификация, содержащая следующие градации: {низкая, средняя, высокая}; {отсутствие, мало, обильно}. Погодные факторы представлены в табл. 1.

Таблица 1

Table 1

Погодные факторы
Weather factors

Обозначение	Фактор	Терм
T_1	Дневная температура начала периода	{низкая, средняя, высокая}
T_2	Дневная температура конца периода	
T_3	Ночная температура начала периода	
T_4	Ночная температура конца периода	
T_5	Скорость ветра	{отсутствие, мало, средне, обильно}
T_6	Осадки	

Антропогенные факторы представлены в табл. 2.

Таблица 2

Table 2

Антропогенные факторы
Anthropogenic factors

Обозначение	Фактор	Терм
A_1^I	Уровень урбанизации	{низкая, средняя, высокая}
A_2^I	Численность населения	{низкая, средняя, высокая}
A_3^I	Самосознание населения	{низкая, средняя, высокая}
A_4^{II}	Состояние систем тепло- и энергоснабжения	{плохое, хорошее, удовлетворительное}
A_2^{II}	Безопасность технологических объектов и оборудования	{низкая, средняя, высокая}
A_3^{II}	Использование пожароопасных материалов	{низкая, средняя, высокая}
A_4^{II}	Концентрация промышленных объектов на территории	{низкая, средняя, высокая}
A_5^{II}	Доступность потенциальных очагов возгорания	{низкая, средняя, высокая}

Необходимо учитывать классификацию природных факторов опасности возникновения пожаров. Эта классификация включает в себя класс природной пожарной опасности лесов, объект за-

горания (характерные типы леса, вырубок, лесных насаждений и безлесных пространств). Типы природных факторов представлены в табл. 3.

Таблица 3

Table 3

Природные факторы
Natural factors

Обозначение	Фактор (тип объекта загорания)	Терм
L_1	Ельники, березняки и осинники долгомошники, ельники сфагновые и приручейные. Ольшаники всех типов.	{отсутствует}
L_2	Места сплошных рубок таволговых и долгомошниковых типов (особенно захламленные). Сосняки, лиственничники и лесные насаждения лиственных древесных пород в условиях травяных типов леса. Сосняки и ельники сложные, липняковые, лещиновые, дубняковые, ельники-черничники, сосняки сфагновые и долгомошники, кедровники прирученные и сфагновые, березняки-брусничники, кисличники, черничники и сфагновые, осинники-кисличники и черничники, мари.	{слабая}
L_3	Сосняки-кисличники и черничники, лиственничники-брусничники, кедровники всех типов, кроме прирученных и сфагновых, ельники-брусничники и кисличники.	{средняя}

Окончание табл. 3

Ending of Table 3

Обозначение	Фактор (тип объекта загорания)	Терм
L_4	Сосняки-брусничники, особенно с наличием соснового подроста или подлеска из можжевельника выше средней густоты. Лиственничники кедрово-стланниковые.	{высокая}
L_5	Хвойные молодняки. Места сплошных рубок: лишайниковые, вересковые, вейниковые и другие типы вырубков по суходолам (особенно захламленные). Сосняки лишайниковые и вересковые. Расстроенные, отмирающие и сильно поврежденные древостой (сухостой, участки бурелома и ветровала, недорубы), места сплошных рубок с оставлением отдельных деревьев, выборочных рубок высокой и очень высокой интенсивности, захламленные гари.	{очень высокая}

Природный фактор, заданный множеством L , определяется пятиуровневой классификацией, имеющей следующие градации: {отсутствует, слабая, средняя, высокая, очень высокая}.

Немаловажными факторами, влияющими на опасность возникновения лесных пожаров, являются

ся типы земной поверхности. Они включают в себя фазы вегетации растительности и опад. Данные факторы, определенные множеством U , имеющим градации {отсутствует, слабая, средняя, высокая, очень высокая}, представлены в табл. 4 [5].

Таблица 4

Table 4

Факторы земной поверхности

Soil factors

Фактор	Обозначение	Терм	Класс возгораемости
Почва без растительности и опада	U_1	{отсутствует}	0
Растительность в начальных фазах вегетации (отрастание – цветение), без опада	U_2	{слабая}	1
Растительность в начальных фазах вегетации (отрастание – цветение), опад до 1 см			2
Растительность в заключительных фазах вегетации (цветение – отмирание), без опада			2
Растительность в начальных фазах вегетации (отрастание – цветение), опад до 2 см	U_3	{средняя}	3
Растительность в заключительных фазах вегетации (цветение – отмирание), опад до 1 см			3
Растительность в начальных фазах вегетации (отрастание – цветение), опад до 3 см			4
Почва без растительности, опад 1 см			4
Растительность в начальных фазах вегетации (отрастание – цветение), опад более 3 см	U_4	{высокая}	5
Растительность в заключительных фазах вегетации (цветение – отмирание), опад 2 см			5
Растительность в заключительных фазах вегетации (цветение – отмирание), опад 3 см			6
Почва без растительности, опад 2 см	U_5	{очень высокая}	6
Почва без растительности, опад 3 см			8
Почва без растительности, опад более 3 см			10

Таким образом, интегральную оценку риска возникновения лесного пожара можно описать нечеткой моделью, содержащей терм-множество:

$$f_{\text{пож}} = \langle T, A^1, A^n, L, U \rangle.$$

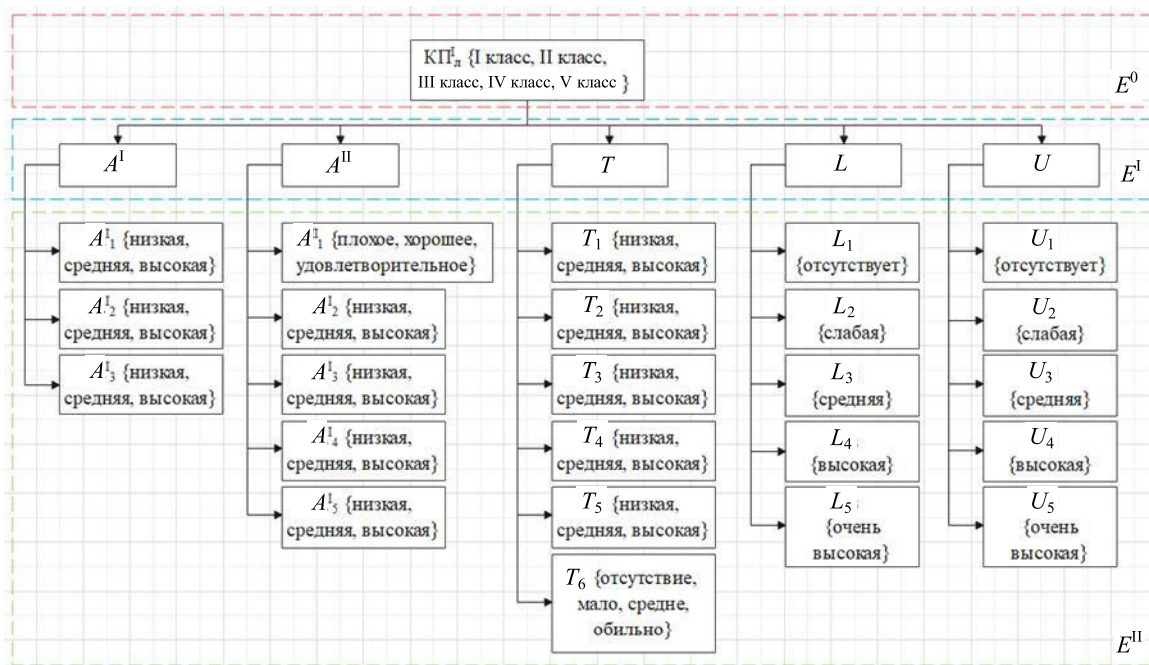
Лингвистическая переменная «пожарная опасность» $КП_n^1$ содержит следующие градации: {I класс, II класс, III класс, IV класс, V класс}.

Структуру системы критериев, по которым можно определить риск возникновения пожара, можно представить как $P = \{E, C\}$. Структура содержит три уровня, где $E = \{E^i\}$, $i = 1, n$ – множе-

Иванов С. А. Системный анализ факторов, влияющих на возникновение лесных пожаров в Северо-Западном федеральном округе

ство уровней $E^i = \{e_{ij}\}$ – множество вершин i -го уровня, j – порядковый номер вершины на i -м уровне, $j = \overline{1, C_n}$, C_n – количество вершин на n -м

уровне, $C = \{C_i\}$, $i = \overline{1, n}$ – количество вершин всей системы. Структура системы критериев с терминами, соответствующими каждому фактору (критерию), представлена на рис.



Структура системы критериев

Structure of the system of criteria

Предложенная система критериев в дальнейшем при необходимости может быть дополнительно декомпозирована в зависимости от той территории, где будет применяться интегральная оценка риска возникновения пожара. Прежде всего, здесь необходимо отметить важность урбанизации территории, нахождения вблизи лесных массивов населенных пунктов и особенно промышленных объектов, которые серьезно повышают влияние

антропогенных факторов на возникновение термических аномалий.

Чтобы реализовать оценку $КП_n^I$, необходимо определить значимость каждого критерия в структуре. Для этого должны быть привлечены эксперты, каждый из которых указывает весовой коэффициент a_{bm} , где b – количество экспертов, m – количество критериев. Матрица экспертных оценок представлена в табл. 5.

Таблица 5

Table 5

Оценка значимости критериев

Assessment of the significance of criteria

Оценка на естественном языке для эксперта	A^I	...	A_3^I	A_4^I	...	A_5^I	T_1	...	T_6	L_1	...	L_5	U_1	...	U_5
Эксперт 1	a_{11}	...	a_{13}	a_{14}	...	a_{18}	...	...	...	...	...	...	...	...	a_{1m}
Эксперт 2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Эксперт 3	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...
Эксперт b	a_{b1}	...	a_{b3}	a_{b4}	...	a_{b8}	...	...	...	...	...	...	...	...	a_{bm}

В дальнейшем исследовании предполагается создание экспертных групп для определения коэффициентов важности каждого из рассмотренных

факторов в структуре критериев, а также определение весовых коэффициентов. Формирование экспертной группы предполагается на базе Санкт-

Петербургского государственного лесотехнического университета им. С. М. Кирова, профессорско-преподавательский состав которого является компетентным в вопросах управления лесохозяйственным комплексом. Также в экспертную группу планируется включить практиков среди компаний-партнеров университета.

Предложенная интегральная оценка может служить дополнением к существующей классической шкале оценки пожарной опасности в лесах. Она включает в себя набор параметров, характеризующих погодные условия, и используется в большом количестве стран надзорными органами. Для дифференцирования оценки пожарной безопасности в России также учитываются параметры лесохоз

зов на исследуемой территории. Дифференцированный показатель вычисляется как

$$КП^{II} = \frac{\sum_{i=1}^n КП_i^{II} \cdot P_i}{\sum_{i=1}^n P_i},$$

где $КП_i^{II} = \sum_{t=1}^m t(t-\eta)$, t – температура воздуха в период с 12:00 до 14:00 по местному времени; η – точка росы; P_i – весовой множитель, выраженный в процентном отношении площади лесхоза к общей площади исследуемой территории. Шкала оценки степени пожарной опасности представлена в табл. 6 [6, 7].

Таблица 6

Table 6

Классическая шкала оценки степени пожарной опасности

Classic scale for assessing the fire risk

Класс пожарной опасности в лесах	Величина комплексного показателя КП ^{II}	Степень пожарной опасности
I	0–300	Отсутствует
II	301–1 000	Малая
III	1 001–4 000	Средняя
IV	4 001–12 000	Высокая
V	> 12 000	Чрезвычайная

Для применения предложенной интегральной оценки необходимо использовать определенные

множествами наборы данных. Их возможно представить в виде таблиц 7, 8.

Таблица 7

Table 7

Открытые данные Рослесхоза*

Open data of the Federal Forestry Agency

Дата	Регион	Площадь лесных земель, тыс. га	Площадь защитных лесов, тыс. га	Лесистость территории	Количество пожаров (термических аномалий)	Площадь пройденная огнем, всего, тыс. га	Площадь пройденная огнем, покрытая лесом, тыс. га
09.07.2021	Вологодская область	10 291,0	1 832,2	68,5	77	1,26	0,76
09.07.2021	Архангельская обл.	22 757,5	8 757,9	53,9	130	4,69	2,11
09.07.2021	Ленинградская обл.	49 88,9	2 838,7	57,5	269	14,47	5,98
09.07.2021	Калининградская обл.	286,5	270,4	18,7	168	15,69	2,17
09.07.2021	Ненецкий авт. окр.	3 179,8	446,8	18,0	4	0,33	0,01
09.07.2021	Новгородская обл.	3 587,0	997,0	64,3	200	17,69	5,68
09.07.2021	Псковская обл.	2 190,0	641,2	38,8	429	29,03	8,54
09.07.2021	Мурманская обл.	5 476,0	6 032,5	37,5	20	2,54	1,09
09.07.2021	Республика Карелия	9 783,4	4 643,2	53,1	46	1,39	1,14
09.07.2021	Республика Коми	30,6	14 477,9	72,7	104	4,5	2,1

* Составлено по [8, 9].

Обобщенный прогноз погодных условий (температурная карта)*

Generalized weather forecast (temperature map)

Регион	Температура, начало периода, день, °С	Температура, конец периода, день, °С	Температура, начало периода, ночь, °С	Температура, конец периода, ночь, °С
Архангельская обл.	26	15	12	8
Вологодская обл.	31	21	15	15
Калининградская обл.	26	23	20	14
Ленинградская обл.	31	23	17	16
Мурманская обл.	25	21	18	8
Ненецкий авт. окр.	26	15	12	8
Новгородская обл.	31	23	17	16
Псковская обл.	31	23	17	16
Республика Карелия	30	18	18	14
Республика Коми	30	15	14	8
Регион	Скорость ветра, м/с, среднее значение	Давление, мм рт. ст.	Направление ветра, преобладающее значение	Осадки, мм
Архангельская обл.	2	764	Ю/В	0
Вологодская обл.	1	752	Ю/З	0
Калининградская обл.	4	762	З	0
Ленинградская обл.	2	759	З	0
Мурманская обл.	3	759	Ю	1
Ненецкий авт. окр.	2	770	С/В	0
Новгородская обл.	2	761	Ю/В	0
Псковская обл.	1	759	Ю	0
Республика Карелия	4	757	В	0
Республика Коми	2	757	Ю/В	1

* Составлено по [8].

Использование разработанных и заполненных матриц как единого *data set* возможно при помощи модуля поддержки принятия решений, который в дальнейшем планируется реализовать на базе языка *Python*. Особое внимание необходимо уделить одному из самых важных этапов – подготовке данных (*Data Preparation*), результатом которого является выборка – набор очищенных данных, пригодных для обработки при помощи соответствующих алгоритмов. Использование машинного обучения позволит в дальнейшем детализировать полученную интегральную оценку, установить дополнительные связи между различными факторами, более детализировано установить их взаимосвязи и пересмотреть коэффициенты важности для каждого из них. Использование архивов открытых данных, содержащих сведения о соотношении выделенных ранее факторов (температурные режимы, скорость ветра, давление и т. д.) и появлении термических аномалий (очагов возгорания), позволит сформировать обучающие выборки. Объемов таких данных в разрезе разных лет и территорий будет достаточно для формирования оптимального алгоритма оценки текущей ситуации. Также повышения эффективности

прогнозирования можно добиться, используя собственные системы природного мониторинга, которые имеются у лесных хозяйств.

В табл. 7 приведены открытые данные информационной системы дистанционного мониторинга, открытые данные «Площадь лесных земель», «Сведения о землях лесного фонда (тысяча гектаров) по состоянию на 01.07.2021 г.», «Лесистость территории (%) по состоянию на 01.07.2021 г.» официального сайта Рослесхоза (отчеты по данным 07–09.2021 г.) относительно Северо-Западного федерального округа. В табл. 8 приведены открытые данные информационной системы дистанционного мониторинга Рослесхоза «Обобщенный прогноз погодных условий по регионам Российской Федерации на 09.08.2021 г.» (температурная карта) по Северо-Западному федеральному округу, а также открытые данные информационного портала *Gismeteo.ru* (давление, ветер, осадки) на 09.08.2021 г. по Северо-Западному федеральному округу. На основе предложенных структур матриц разработана первичная база данных, которая в дальнейшем будет наполняться автоматически из открытых источников государственных информационных

систем. Данные в системах формируются с разной периодичностью, большинство из них – ежедневно, что позволяет проводить качественный мониторинг и следить за изменением текущей ситуации в нужном регионе [10]. На основе шкалы пожароопасности можно будет получать оптимальную оценку риска возникновения пожара за счет анализа большего количества факторов, нежели в классической оценке.

Заклучение

Получена интегральная оценка опасности возникновения лесных пожаров, которая отличается от классической шкалы большим набором учиты-

ваемых факторов. В дальнейших исследованиях данная оценка будет заложена в метод поддержки принятия управленческих решений при разработке мероприятий, направленных на предотвращение возникновения очагов возгорания в лесных массивах. Разрабатываемая информационная система будет получать данные для прогнозирования непосредственно из источников открытых данных, что позволит ее горизонтально масштабировать на территории России без необходимости доступа к закрытым базам данных. Данная система не нуждается в собственных аппаратно-программных модулях мониторинга природных территорий.

Список источников

1. Статистика по лесным пожарам в России // ТАСС. 2020. 10 мая. URL: <https://tass.ru/info/14586659> (дата обращения: 10.05.2022).
2. Лесные пожары в России в 2022 году: где сейчас горят леса // Юрид. газета. 2022. 14 мая. URL: <https://yur-gazeta.ru/newsday/lesnye-pojary-v-rossii-v-2022-gody-gde-seichas-goriat-lesa.html> (дата обращения: 01.07.2022).
3. Щеглова Е. Г. О влиянии погодных условий на пожары природных объектов // Вестн. Оренб. гос. ун-та. 2013. № 1 (150). С. 166–170.
4. Самсонова И. Д., Кондратьев А. С. Оценка состояния охраны лесов от пожаров в Новгородской области // Изв. Санкт-Петерб. лесотехн. акад. 2021. № 235. С. 57–70.
5. Щеглова Е. Г. Условия и причины возникновения пожаров в лесных биоценозах // Научные достижения биологии, химии, физики: сб. ст. по материалам XII Междунар. науч.-практ. конф. (Новосибирск, 17 ноября 2012 г.). Новосибирск: Изд-во СибАК, 2012. С. 65–70.
6. Оценка степени пожароопасности в лесах // Методический кабинет Гидрометцентра России. URL: <http://method.meteorf.ru/danger/fire/estime/estime.html> (дата обращения: 10.05.2022).

7. Об утверждении классификации природной пожарной опасности лесов и классификации пожарной опасности в лесах в зависимости от условий природы: приказ Федерального агентства лесного хозяйства России от 05 июля 2011 г. № 287. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902289183> (дата обращения: 10.05.2022).
8. Открытые данные информационной системы дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства России. URL: http://public.nffc.aviales.ru/main_pages/public.shtml (дата обращения: 01.07.2022).
9. Площадь лесных земель (тысяча гектаров) по состоянию на 01.07.2021 г. // Открытые данные Федерального агентства лесного хозяйства России. URL: <https://rosleshoz.gov.ru/opendata/7705598840-ForestlandArea> (дата обращения: 01.07.2022).
10. Иванов С. А. Элементы информационной поддержки принятия решений при управлении лесным хозяйством // Актуальные вопросы лесного хозяйства: материалы V Междунар. молодеж. науч.-практ. конф. (Санкт-Петербург, 11–12 ноября 2021 г.). СПб.: Изд-во Санкт-Петерб. гос. лесотехн. ун-та им. С. М. Кирова, 2021. С. 138–141.

References

1. Statistika po lesnym pozharom v Rossii [Statistics on forest fires in Russia]. TASS, 2020, 10 maia. Available at: <https://tass.ru/info/14586659> (accessed: 10.05.2022).
2. Lesnye pozhary v Rossii v 2022 godu: gde seichas goriat lesa [Forest fires in Russia in 2022: where forests burn now]. *Iuridicheskaja gazeta*, 2022, 14 maia. Available at: <https://yur-gazeta.ru/newsday/lesnye-pojary-v-rossii-v-2022-gody-gde-seichas-goriat-lesa.html> (accessed: 01.07.2022).
3. Shcheglova E. G. O vliianii pogodnykh uslovii na pozhary prirodnykh ob'ektov [On weather conditions influencing fires in natural objects]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2013, no. 1 (150), pp. 166-170.
4. Samsonova I. D., Kondrat'ev A. S. Otsenka sostoiannii okhrany lesov ot pozharov v Novgorodskoi oblasti [Assessing state of forest fire protection system in Novgorod region]. *Izvestiia Sankt-Peterburgskoi lesotekhnicheskoi akademii*, 2021, no. 235, pp. 57-70.
5. Shcheglova E. G. Usloviia i prichiny vozniknoveniia pozharov v lesnykh biotsenozakh [Conditions and causes of fires in forest biocenoses]. *Nauchnye dostizheniia biologii, khimii, fiziki: sbornik statei po materialam XII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Novosibirsk, 17 noiabria 2012 g.)*. Novosibirsk, Izd-vo SibAK, 2012. Pp. 65-70.

6. *Otsenka stepeni pozharoopasnosti v lesakh* [Assessment of fire hazard in forests]. Metodicheskii kabinet Gidromettsentra Rossii. Available at: <http://method.meteorf.ru/danger/fire/estime/estime.html> (accessed: 10.05.2022).
7. *Ob utverzhenii klassifikatsii prirodnoi pozharnoi opasnosti lesov i klassifikatsii pozharnoi opasnosti v lesakh v zavisimosti ot uslovii prirody: prikaz Federal'nogo agentstva lesnogo khoziaistva Rossii ot 05 iulia 2011 g. № 287* [On approval of the classification of natural fire hazard of forests and the classification of fire hazard in forests depending on the conditions of nature: order of the Federal Forestry Agency of Russia dated July 05, 2011 No. 287]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/902289183> (accessed: 10.05.2022).
8. *Otkrytye dannye informatsionnoi sistemy distantsionnogo monitoringa Federal'nogo agentstva lesnogo khoziaistva Rossii* [Open data of the information system for remote

monitoring of the Federal Forestry Agency of Russia]. Available at: http://public.nffc.aviales.ru/main_pages/public.shtml (accessed: 01.07.2022).

9. Ploshchad' lesnykh zemel' (tysiacha gektarov) po sostoiianiiu na 01.07.2021 g. [Forest area (1000 ha) as of July 1, 2021]. *Otkrytye dannye Federal'nogo agentstva lesnogo khoziaistva Rossii*. Available at: <https://rosleshoz.gov.ru/opendata/7705598840-ForestlandArea> (accessed: 01.07.2022).

10. Ivanov S. A. Elementy informatsionnoi podderzhki priniatiia reshenii pri upravlenii lesnym khoziaistvom [Elements of information support for decision-making in forestry management]. *Aktual'nye voprosy lesnogo khoziaistva: materialy V Mezhdunarodnoi molodezhnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Sankt-Peterburg, 11–12 noiabria 2021 g.)*. Saint-Petersburg, Izd-vo Sankt-Peterb. gos. lesotekhn. un-ta im. S. M. Kirova, 2021. Pp. 138-141.

Статья поступила в редакцию 05.09.2022; одобрена после рецензирования 26.09.2022; принята к публикации 30.09.2022
The article is submitted 05.09.2022; approved after reviewing 26.09.2022; accepted for publication 30.09.2022

Информация об авторе / Information about the author

Сергей Александрович Иванов – кандидат технических наук; доцент кафедры информационных систем и технологий; Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С. М. Кирова; доцент кафедры информационных технологий и математики; Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики; kemsit@mail.ru

Sergey A. Ivanov – Candidate of Sciences in Technology; Assistant Professor of the Department of Information Systems and Technologies; Saint-Petersburg State Forest Technical University; Assistant Professor of the Department of Information Technologies and Mathematics; Saint-Petersburg University of Management Technologies and Economics; kemsit@mail.ru

