

Научная статья
УДК 614.84
doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2022.73.29.010

Научно-методический аппарат рационального распределения сил и средств РСЧС для подтверждения природных пожаров по данным космического мониторинга

Андраник Хачикович Топкарян¹
Роман Леонидович Белоусов²
Никита Александрович Дрожжин¹
Афанасий Иванович Араштаев³

¹Академии гражданской защиты МЧС России, Химки, Россия

²НЦУКС МЧС России, Москва, Россия

³ГУСБ МЧС России, Москва, Россия

Автор ответственный за переписку: Андраник Хачикович Топкарян, moonmchs@rambler.ru

Аннотация. В данной статье предложен подход к решению задачи рационального распределения сил и средств единой государственной системы по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций (далее – РСЧС) для предупреждения природных пожаров по данным космического мониторинга. В основе подхода лежит теория расписаний, в частности, метод последовательного анализа и отсева неперспективных вариантов. В качестве исходных данных выступает количество оперативных групп, предназначенных для подтверждения природного пожара по данным обнаружения термических точек, количество всех обнаруженных термических точек, время проверки оперативной группой каждой термической точки. Путем определённого анализа и отсева неперспективных последовательностей выполнения работ определяется допустимый набор последовательностей. Из допустимого набора последовательностей выбирается наиболее оптимальный. На примере продемонстрирован алгоритм решения задачи.

Ключевые слова: природные пожары, термические точки, РСЧС, теория расписаний

Для цитирования: Топкарян А.Х., Белоусов Р.Л., Дрожжин Н.А., Араштаев А.И. Научно-методический аппарат рационального распределения сил и средств РСЧС для подтверждения природных пожаров по данным космического мониторинга // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2022. № 4 (27). С. 56-64. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2022.73.29.010>.

FIRE SITE SURVEY FEATURES TO OBTAIN INFORMATION NEEDED TO ADDRESS REGULATORY SPECIALIZATION ISSUES

Andranik K. Topkaryan¹
Roman L. Belousov²
Nikita A. Drojin¹
Afanasy I. Arashtayev³

¹The Civil Defence Academy of EMERCOM of Russia, Khimki, Russia

²The National Crisis Management Center of the Emergencies Ministry, Moscow, Russia

³The Main Directorate of the Emergencies Ministry, Moscow, Russia

Corresponding author: Andranik Khachikovich Topkaryan, moonmchs@rambler.ru

Abstract. This article proposes an approach to solving the problem of rational distribution of forces and means of the unified state system for the prevention and liquidation of emergency situations (hereinafter referred to as RSChS) for the prevention of wildfires according to space monitoring data. The approach is based on the theory of schedules, in particular, the method of sequential analysis and elimination of unpromising options. The initial data is the number of operational groups designed to confirm a natural fire according to the detection of thermal points, the number of all detected thermal points, the time the operational group checks each thermal point. By a certain analysis and screening out of unpromising sequences of work, an acceptable set of sequences is determined. From a valid set of sequences, the most optimal one is selected. The example demonstrates the algorithm for solving the problem.

Keywords: natural fires, thermal points, emergency situations, theory of schedules

For citation: Topkaryan A.K., Belousov R.L., Drojin N.A., Arashtayev A.I. Fire site survey features to obtain information needed to address regulatory specialization issues // Siberian Fire and Rescue Bulletin.2022;4(27):56-64. (In Russ.). <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2022.73.29.010>.

Введение

Ежегодно природные пожары наносят значительный ущерб экономике и экологии Российской Федерации [1-3]. Важнейшей причиной, способствующей увеличению ущерба от природных пожаров, является их несвоевременное обнаружение и идентификация [4].

Одним из источников информации о возникновении природных пожаров являются результаты космического мониторинга термических точек [5]. Спутники могут одновременно обнаружить несколько термических точек в одном муниципальном образовании. В некоторых субъектах Российской Федерации ввиду большой площади территории муниципальных образований, неравномерности распределения и (или) ограниченного количества сил и средств, предназначенных для подтверждения природных пожаров по данным обнаружения термических точек (далее – подтверждение термической точки), может возникнуть ситуация, связанная с поздним обнаружением природных пожаров, что может привести к значительному увеличению площади и ущерба от них.

Результаты космического мониторинга не в полной мере позволяют различать природные пожары от палов сухой травы вне лесной зоны или объектов промышленности. Поэтому, после поступления этих данных со спутника, информация проходит автоматическую обработку в Центре космического мониторинга МЧС России и затем направляется в органы повседневного управления РСЧС муниципального уровня для дальнейшего принятия управленческих решений по подтверждению термических точек.

Идентификация термических точек может осуществляться несколькими способами: наблюдение со специально оборудованных пожарных наблюдательных вышек, мачт и других сооружений; наземное наблюдение пешим порядком и с использованием конного и автомобильного транспорта; приём и учёт сообщений населения, использование авиации и различных беспилотных комплексов, а также систем видеомониторинга [6].

Для проверки поступившей информации о термической точке в зону обнаружения направляется межведомственная оперативная группа (далее – оперативная группа) [4]. Состав оперативных групп определяется руководителем муниципального образования, исходя из общего состава группировки сил и средств РСЧС, предназначенной для борьбы с природными пожарами [7].

В данной статье приведен алгоритм решения задачи рационального распределения оперативных групп, предназначенных для подтверждения термических точек, с учетом тактико-технических возможностей оперативных групп, их количества и распределения по территории муниципального образования, а также с учетом прогноза природной пожарной опасности (далее – задача).

Исходные данные

При формировании исходных данных используются данные космического мониторинга и сведения о количестве, составе и возможностях оперативных групп, назначенных для выполнения работ. Под работой следует понимать подтверждение термической точки оперативной группой. Пусть заданы:

K – количество оперативных групп, назначенных для выполнения работ;

$\{h_i\}$ – множество всех работ, которые должны быть выполнены;

$i, j = \overline{0, N}$ – индексы работ, где «нулевой» работе соответствует место нахождения оперативной группы в пункте постоянной дислокации и время выполнения работ в данной точке равно нулю.

Для каждой работы определяется директивное время, т.е. время, позже которого работа не должна быть выполнена.

t_i – директивное время, за которое должна быть выполнена работа h_i .

t_i^k – время, необходимое для выполнения i -ой работы k -ой оперативной группой.

t_{ij}^k – время, которое необходимо затратить k -ой оперативной группе для перемещения от места выполнения i -ой работы к месту выполнения j -ой работы.

p_i – прогноз природной пожарной опасности, который представляет собой вероятность возникновения природного пожара в зоне выполнения работы h_i .

Согласно методическим рекомендациям [8] нормативное время подтверждения каждой термической точки составляет от 30 до 180 минут. Для определения директивного времени t_i необходимо учитывать p_i , как коэффициент пропорциональности, т.е. чем выше значение вероятности p_i , тем меньше значение директивного времени t_i [9]. Директивное время зависит от вероятности линейно и выражается следующей формулой

$$t_i = 180 - 150 \cdot p_i. \quad (1)$$

a_{ij}^k – суммарное время, которое включает в себя время, затраченное на перемещение k -ой оперативной группы от места выполнения i -ой работы к месту выполнения j -ой работы и на выполнение j -ой работы.

$$a_{ij}^k = t_j^k + t_{ij}^k. \quad (2)$$

Основные понятия

Для постановки задачи необходимо ввести следующие понятия:

I_k^p, I_k^q – p -ая и q -ая последовательности выполнения работ k -ой оперативной группой, где p и q – номер последовательности.

T_k^p, T_k^q – время выполнения работ p -ой и q -ой последовательности k -ой оперативной группой.

Под недопустимыми последовательностями выполнения работ понимаются последовательности, при которых время выполнения всех работ превышает директивное время выполнения последней работы [10-12]. Например, время выполнения работ в последовательности $I_k^p = \{h_0 \rightarrow h_1 \rightarrow h_4\}$ равно $T_k^p = 150$ мин, а директивное время выполнения работы h_4 составляет $t_4 = 90$ мин. Следовательно, последовательность выполнения работ I_k^p является недопустимой, как и все происходящие из нее последовательности.

Если последовательность I_k^p включает в себя работы последовательности I_k^q и последовательности заканчиваются одинаково, при этом время выполнения работ в первой последовательности меньше или равно времени выполнения работ второй последовательности, то вторая последовательность считается неперспективной и в дальнейшем не рассматривается, как и все происходящие из нее последовательности [10-12]. Например, последовательности выполнения работ $I_k^p = \{h_0 \rightarrow h_1 \rightarrow h_2 \rightarrow h_5 \rightarrow h_4\}$ включает в себя последовательность выполнения работ $I_k^q = \{h_0 \rightarrow h_2 \rightarrow h_5 \rightarrow h_4\}$, а $T_k^p = T_k^q = 150$ мин. Соответственно, последовательность выполнения работ I_k^q является неперспективной, как и все происходящие из нее последовательности.

Количество всех последовательностей выполнения работ для одной оперативной группы определяется как $N!$, а для всех оперативных групп $K \cdot N!$. Например, если трем оперативным группам необходимо выполнить семь работ, то количество всех возможных последовательностей будет равно $3 \cdot 7! = 15120$.

Для уменьшения количества операций необходимо исключить недопустимые и неперспективные последовательности выполнения работ.

Для решения задачи рационального распределения оперативных групп для выполнения множества всех работ выбран метод последовательного анализа и отсева неперспективных вариантов [10-12]. Необходимо отобрать такие допустимые наборы последовательностей выполнения работ всеми оперативными группами, при которых все работы будут выполнены только один раз, а время выполнения всех работ будет минимальным, т.е. результатом пересечения последовательностей будет пустое множество, а результатом объединения – множество всех рассматриваемых работ [13]

$$\bigcap_{k=1}^K I_k = \emptyset, \quad (3)$$

$$\bigcup_{k=1}^K I_k = \{h_0, h_1, h_2, \dots, h_N\}, \quad (4)$$

где I_k – последовательность выполнения работ, назначенных k -ой оперативной группе.

Таким образом, при пересечении последовательностей выполнения работ всеми оперативными группами каждая работа должна быть выполнена только один раз, а при объединении – должны быть выполнены все работы

$$F(T) = \max(T_1, T_2, \dots, T_K) \rightarrow \min, \quad (5)$$

где T_k – время выполнения работ k -ой оперативной группой.

Если найдено несколько наборов последовательностей выполнения работ, удовлетворяющих условиям (3) и (4), то выбирается такой набор, для которого среднее время работы одной оперативной группы было минимальным.

Алгоритм решения задачи

Предположим, что в одном муниципальном образовании имеются три межведомственные оперативные группы, предназначенные для подтверждения термических точек. Все три оперативные группы находятся в своих пунктах постоянной дислокации. В какой-то день по данным космического мониторинга на территории муниципального образования зафиксировано 5 термических точек.

Необходимо подтвердить пять термических точек тремя оперативными группами, за наименьшее время. Матрицы суммарных затрат для каждой оперативной группы представлены в таблицах 1-3. Вероятность возникновения пожара в местах обнаружения термических точек и директивное время выполнения работ представлено в табл. 4.

Табл. 1. Матрица суммарных затрат для первой оперативной группы A^1

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0 | ∞ | 28 | 36 | 98 | 113 | 47 |
| 1 | 23 | ∞ | 45 | 117 | 159 | 70 |
| 2 | 31 | 45 | ∞ | 67 | 119 | 51 |
| 3 | 93 | 117 | 67 | ∞ | 121 | 113 |
| 4 | 98 | 159 | 119 | 121 | ∞ | 81 |
| 5 | 42 | 70 | 51 | 113 | 81 | ∞ |

Табл. 2. Матрица суммарных затрат для второй оперативной группы A^2

| | | | | | | |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0 | ∞ | 77 | 75 | 137 | 105 | 26 |
| 1 | 72 | ∞ | 48 | 120 | 162 | 73 |
| 2 | 70 | 48 | ∞ | 70 | 122 | 54 |
| 3 | 132 | 120 | 70 | ∞ | 124 | 116 |
| 4 | 100 | 162 | 122 | 124 | ∞ | 84 |
| 5 | 21 | 73 | 54 | 116 | 84 | ∞ |

Табл. 3. Матрица суммарных затрат для третьей оперативной группы A^3

| | | | | | | |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0 | ∞ | 105 | 79 | 20 | 133 | 125 |
| 1 | 100 | ∞ | 42 | 114 | 156 | 67 |
| 2 | 74 | 42 | ∞ | 64 | 116 | 48 |
| 3 | 15 | 114 | 64 | ∞ | 118 | 110 |
| 4 | 128 | 156 | 116 | 118 | ∞ | 78 |
| 5 | 120 | 67 | 48 | 110 | 78 | ∞ |

Табл. 4. Директивное время выполнения работ

| | | | | | |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | h_1 | h_2 | h_3 | h_4 | h_5 |
| p_i | 0,51 | 0,49 | 0,88 | 0,21 | 0,69 |
| t_i , МИН | 103,5 | 106,5 | 48 | 148,5 | 76,5 |

Для каждой оперативной группы строится дерево последовательностей, где в корне дерева должна находиться «нулевая» работа – пункт постоянной дислокации оперативной группы. После добавления новой ветви необходимо сравнить время окончания работ с директивным временем конечного звена этой последовательности. Если директивное время меньше, чем время окончания работ в этой последовательности, то такая последовательность выполнения работ считается недопустимой и наращивание ветвей в данном направлении прекращается. Также прекращается наращивание ветвей и в неперспективных последовательностях выполнения работ. На рис. 2-4 изображены деревья последовательностей выполнения работ для каждой оперативной группы.

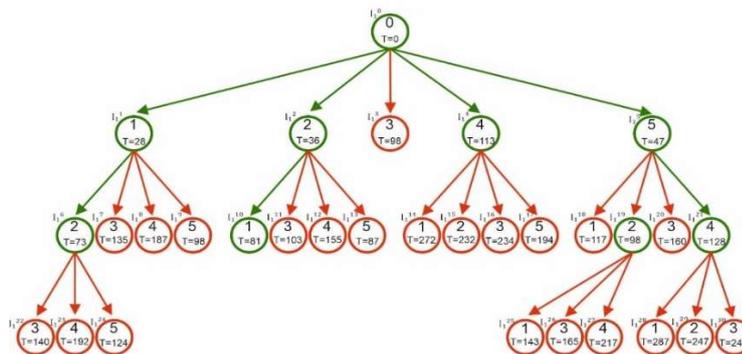


Рис. 2. Последовательности выполнения работ первой оперативной группой

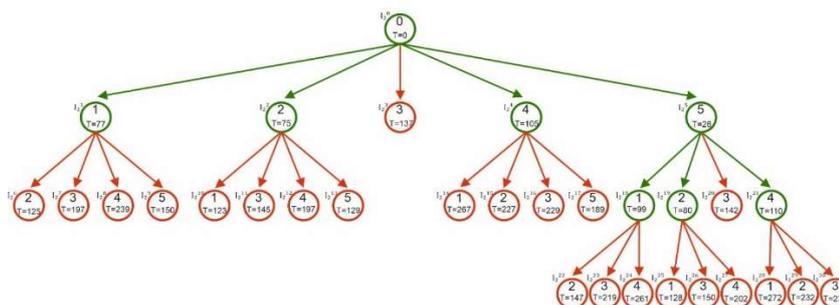


Рис. 3. Последовательности выполнения работ второй оперативной группой

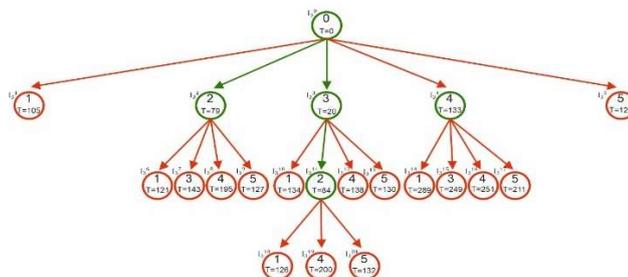


Рис. 4. Последовательности выполнения работ третьей оперативной группой

Последовательность $I_1^1(0,1)$ является допустимой, так как суммарное время подтверждения термических точек в данной последовательности $T_1^1 = 28$, что не превышает директивного времени подтверждения последней термической точки в последовательности $t_1 = 103,5$.

Последовательность $I_1^3(0,3)$ является недопустимой, так как суммарное время выполнения работ в данной последовательности $T_1^3 = 98$ превышает директивное время подтверждения последней термической точки в последовательности $t_3 = 48$.

Таким образом, дерево последовательностей выполнения работ для первой оперативной группы содержит девять допустимых и перспективных последовательностей, для второй оперативной группы – восемь и для третьей – пять. Все допустимые и перспективные последовательности представлены в табл. 5.

Табл. 5. Допустимые и перспективные последовательности подтверждения термических точек

| Первая оперативная группа K_1 | | | Вторая оперативная группа K_2 | | | Третья оперативная группа K_3 | | |
|---------------------------------|---|-----|---------------------------------|---|-----|---------------------------------|---|-----|
| 1 | $I_1^0(0)$ | 0 | 1 | $I_2^0(0)$ | 0 | 1 | $I_3^0(0)$ | 0 |
| 2 | $I_1^1(0 \rightarrow 1)$ | 28 | 2 | $I_2^1(0 \rightarrow 1)$ | 77 | 2 | $I_3^2(0 \rightarrow 2)$ | 79 |
| 3 | $I_1^2(0 \rightarrow 2)$ | 36 | 3 | $I_2^2(0 \rightarrow 2)$ | 75 | 3 | $I_3^3(0 \rightarrow 3)$ | 20 |
| 4 | $I_1^4(0 \rightarrow 4)$ | 113 | 4 | $I_2^4(0 \rightarrow 4)$ | 105 | 4 | $I_3^4(0 \rightarrow 4)$ | 133 |
| 5 | $I_1^5(0 \rightarrow 5)$ | 47 | 5 | $I_2^5(0 \rightarrow 5)$ | 26 | 5 | $I_3^{11}(0 \rightarrow 3 \rightarrow 2)$ | 84 |
| 6 | $I_1^6(0 \rightarrow 1 \rightarrow 2)$ | 73 | 6 | $I_2^{18}(0 \rightarrow 5 \rightarrow 1)$ | 99 | – | – | – |
| 7 | $I_1^{10}(0 \rightarrow 2 \rightarrow 1)$ | 81 | 7 | $I_2^{19}(0 \rightarrow 5 \rightarrow 2)$ | 80 | – | – | – |
| 8 | $I_1^{19}(0 \rightarrow 5 \rightarrow 2)$ | 98 | 8 | $I_2^{21}(0 \rightarrow 5 \rightarrow 4)$ | 110 | – | – | – |
| 9 | $I_1^{21}(0 \rightarrow 5 \rightarrow 4)$ | 128 | – | – | – | – | – | – |

На заключительном этапе необходимо объединить получившиеся последовательности выполнения работ тремя оперативными группами таким образом, чтобы все работы были выполнены, и каждая из них была выполнена только один раз. Из получившихся объединений выбирается такое объединение, в котором время выполнения всех работ было бы минимальным. В табл. 6 приведены все допустимые наборы последовательностей выполнения работ.

Табл. 6. Допустимые наборы последовательностей выполнения работ

| № п/п | Объединения последовательностей | Время выполнения работ $F(T)$, мин |
|-------|--|-------------------------------------|
| 1. | $I_1^1(0 \rightarrow 1) \cup I_2^{21}(0 \rightarrow 5 \rightarrow 4) \cup I_3^{11}(0 \rightarrow 3 \rightarrow 2)$ | 110 |
| 2. | $I_1^4(0 \rightarrow 4) \cup I_2^{18}(0 \rightarrow 5 \rightarrow 1) \cup I_3^{11}(0 \rightarrow 3 \rightarrow 2)$ | 113 |
| 3. | $I_1^6(0 \rightarrow 1 \rightarrow 2) \cup I_2^{21}(0 \rightarrow 5 \rightarrow 4) \cup I_3^3(0 \rightarrow 3)$ | 110 |
| 4. | $I_1^{10}(0 \rightarrow 2 \rightarrow 1) \cup I_2^{21}(0 \rightarrow 5 \rightarrow 4) \cup I_3^3(0 \rightarrow 3)$ | 110 |
| 5. | $I_1^{21}(0 \rightarrow 5 \rightarrow 4) \cup I_2^1(0 \rightarrow 1) \cup I_3^{11}(0 \rightarrow 3 \rightarrow 2)$ | 128 |

В результате объединения минимальное время подтверждения пяти термических точек тремя оперативными группами составляет 110 минут. Таким образом, три допустимых объединения приняли минимальные значения. Для того, чтобы определить наиболее оптимальное из них, необходимо рассчитать среднее время работы T_{cp} оперативной группы для этих объединений

$$T_{\text{ср}} = \frac{T_1 + T_2 + \dots + T_K}{K} \quad (6)$$

Для объединения № 1 $T_{\text{ср}}^1 = \frac{28+110+84}{3} = 74$, № 3 – $T_{\text{ср}}^3 = \frac{73+110+20}{3} = 67,7$, № 4 – $T_{\text{ср}}^4 = \frac{81+110+2}{3} = 70,3$. Таким образом, объединение последовательностей выполнения работ № 3 является наиболее оптимальным распределением трех оперативных групп для подтверждения пяти термических точек.

Вывод

В статье предложен научно-методический аппарат рационального распределения межведомственных оперативных групп для подтверждения термических точек, в частности, метод последовательного анализа и отсева неперспективных вариантов [10-12]. С помощью оценки вероятности возникновения природного пожара в местах обнаружения термических точек может быть скорректировано директивное время подтверждения каждой термической точки. Таким образом, термические точки, в местах обнаружения которых вероятность возникновения природного пожара больше, чем в других, директивное время для их подтверждения будет меньше, чем в других термических точках. В зависимости от конкретной оперативной обстановки соответствующий руководитель может скорректировать вариант распределения оперативных групп.

Использование данного алгоритма позволит оптимизировать время, необходимое для подтверждения термических точек.

Список источников

1. Официальные статистические показатели ущерба от лесных пожаров: официальный сайт. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/indicator/59269> (дата обращения: 05.04.2022).

2. Официальные статистические показатели расходов на охрану лесов от пожаров: официальный сайт. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/indicator/37927> (дата обращения: 05.04.2022).

3. Официальные статистические показатели количества лесных пожаров: официальный сайт. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/indicator/38497> (дата обращения: 05.04.2022).

4. Елфимова М.В. О повышении эффективности борьбы с пожарами с применением данных космического мониторинга и мобильных транспортных средств // ФГБОУ ВО «Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России». Интернет-журнал «Науковедение» Том 7, № 4. 2015. С. 1-11.

5. Методические рекомендации по организации работ органов управления РСЧС в пожароопасный сезон от 22.06.2015 // Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. 2015. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://base.garant.ru/71759676/> (дата обращения: 01.11.2022).

6. Безвесильная А.А., Смирнов Б.П., Литвин А.А. Постановка научной задачи обоснования оптимального варианта автоматизации процесса обработки данных в интересах поддержки принятия решений в чрезвычайной ситуации // ФГБВОУВО «Академия гражданской защиты МЧС России». Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2018. С. 66-71.

7. Постановление Правительства РФ от 30.12.2003 N 794 (ред. от 16.06.2022) «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций». [Электронный ресурс] — Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_45914/ (дата обращения: 01.11.2022).

8. Методические рекомендации по порядку использования и применения мобильного приложения «Термические точки» 06.05.2021 № 2-4-87-6-9 // Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. 2021. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.admrad.ru/wp-content/uploads/2021/05/Методические-рекомендации-Термические-точки.pdf> (дата обращения: 01.11.2022).

9. Топкарян А.Х., Пономарев А.И., Песков Р.И., Араштаев А.И. Методический подход к определению показателя безопасности населенных пунктов от природных пожаров // ФГБВОУВО «Академия гражданской защиты МЧС России». Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2022. С. 65-76.

10. Зак Ю.А. Прикладные задачи теории расписаний и маршрутизации перевозок. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2018. 394 с.

11. Беллман Р. Динамическое программирование. М.: Издательство иностранной литературы, 1960. 400 с.

12. Зак Ю.А. Определение порядка выполнения независимых операций на параллельных машинах // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. 1969. № 2. С. 15–20.

13. Яцуценко В.Н., Мазаник А.И. Научно-методический аппарат рационального распределения оперативных групп для проведения мониторинга ледовой обстановки // Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России. Вестник СПб университета ГПС МЧС России № 3-2022. С. 50-57.

List of sources

1. Official statistical indicators of damage from forest fires: official website. [Electronic resource] – Access mode: <https://www.fedstat.ru/indicator/59269> (date of reference: 05.04.2022).

2. Official statistical indicators of expenditures on forest protection from fires: official website. [Electronic resource] – Access mode: <https://www.fedstat.ru/indicator/37927> (accessed: 05.04.2022).

3. Official statistical indicators of the number of forest fires: official website. [Electronic resource] – Access mode: <https://www.fedstat.ru/indicator/38497> (accessed: 05.04.2022).

4. Elfimova M.V. On improving the effectiveness of fire fighting with the use of space monitoring data and mobile vehicles // Siberian Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia. Online journal "Science Studies" Volume 7, No. 4. 2015. pp. 1-11.

5. Methodological recommendations on the organization of the work of the management bodies of emergency situations in the fire season of 22.06.2015 // Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of the consequences of Natural Disasters. 2015. [Electronic resource] — Access mode: <https://base.garant.ru/71759676/> (accessed: 01.11.2022).

6. Bezvesilnaya A.A., Smirnov B.P., Litvin A.A. Statement of the scientific task of substantiating the optimal variant of automation of the data processing process in the interests of decision-making support in an emergency situation // FGBVOUVO "Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of Russia". Scientific and educational problems of civil protection. 2018. pp. 66-71

7. Decree of the Government of the Russian Federation of 30.12.2003 N 794 (ed. of 16.06.2022) "On the unified State system of prevention and liquidation of emergency situations". [Electronic resource] — Access mode: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_45914/ (accessed: 01.11.2022).

8. Methodological recommendations on the procedure for the use and application of the mobile application "Thermal points" 06.05.2021 No. 2-4-87-6-9 // Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters. 2021. [Electronic resource] — Access mode: <https://www.admrad.ru/wp-content/uploads/2021/05/Методические-рекомендации-Термические-точки.pdf> (accessed: 01.11.2022).

9. Topkarian A.Kh., Ponomarev A.I., Peskov R.I., Arashtaev A.I. Methodological approach to determining the indicator of safety of settlements from natural fires // FGBVOUVO "Academy of Civil

Protection of the Ministry of Emergency Situations of Russia". Scientific and educational problems of civil protection. 2022. pp. 65-76.

10. Zak Yu.A. Applied problems of the theory of schedules and routing of transportation. M.: Book House "LIBROCOM", 2018. 394 p.

11. Bellman R. Dynamic programming. M.:Publishing House of Foreign Literature, 1960. 400p.

12. Zak Yu.A. Determination of the order of execution of independent operations on parallel machines // Izv. AN USSR. Technical cybernetics. 1969. No. 2. pp. 15-20.

13. Yatsutsenko V.N., Mazanik A.I. Scientific and methodological apparatus of rational distribution of operational groups for monitoring the ice situation // Saint Petersburg University of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia. Bulletin of the St. Petersburg University of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia No. 3-2022. pp. 50-57.

Информация об авторах

Р.Л. Белоусов – кандидат технических наук

Н.А. Дрожжин – кандидат технических наук, доцент

Information about the author

R.L. Belousov – Ph.D. of Engineering Sciences

N.A. Drojin– Ph.D. of Engineering Sciences, Docent

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 29.11.2022; одобрена после рецензирования 08.12.2022; принята к публикации 21.12.2022.

The article was submitted 29.11.2022, approved after reviewing 08.12.2022, accepted for publication 21.12.2022.