

Научная статья

УДК 681.326.74.06; DOI: 10.61260/2218-13X-2024-1-79-87

МЕТОД РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАДАЧ (РЕСУРСА) ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

✉ Мистров Леонид Евгеньевич.

Российский государственный университет правосудия, г. Воронеж, Россия

✉ mistrov_le@mail.ru

Аннотация. Предлагается метод решения практической задачи оптимизации приоритетных задач пожарной безопасности сложных объектов (представляющих по совокупности системоопределяющих признаков социально-экономические системы) и детерминировано с ними связанного ресурса пожарной безопасности. Он основывается на решении двухуровневой задачи оптимизации целевой функции по показателю вероятности выполнения задачи пожаротушения за директивное (минимальное) время на основе обоснования штатного ресурса формирований пожарной безопасности. Метод реализован с использованием положений теорий системного анализа, ветвей и границ, нормативного планирования и аналитических расчетов.

Ключевые слова: социально-экономическая система, пожарная безопасность, задача, ресурс, критерий эффективности, метод ветвей и границ, оптимизация

Для цитирования: Мистров Л.Е. Метод распределения задач (ресурса) пожарной безопасности элементов социально-экономических систем // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2024. № 1. С. 79–87. DOI: 10.61260/2218-13X-2024-1-79-87.

Scientific article

METHOD OF DISTRIBUTION OF FIRE SAFETY TASKS (RESOURCES) OF ELEMENTS OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS

✉ Mistrov Leonid E.

Russian state university of justice, Voronezh, Russia

✉ mistrov_le@mail.ru

Abstract. A method is proposed for solving the practical problem of optimizing the priority fire safety tasks of complex objects (representing socio-economic systems based on the set of system-defining characteristics) and the fire safety resource associated with them in a deterministic manner. It is based on solving a two-level problem of optimizing the objective function in terms of the probability of completing a fire extinguishing task in a directive (minimum) time based on the justification of the regular resource of firefighting units. The method is implemented using the theories of system analysis, branches and boundaries, normative planning and analytical calculations.

Keywords: socio-economic system, fire safety, task, resource, efficiency criterion, branch and bound method, optimization

For citation: Mistrov L.E. Method of distribution of fire safety tasks (resources) of elements of socio-economic systems // Scientific and analytical journal «Vestnik Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia». 2024. № 1. P. 79–87. DOI: 10.61260/2218-13X-2024-1-79-87.

Введение

Усложнение социально-экономических процессов, интеграция различного рода элементов в сложные объекты, повышение взаимозависимости действий элементов объектов для эффективного функционирования и применение их в условиях чрезвычайных ситуаций (возникновению и развитию различных пожаров) обусловили появление систем пожарной безопасности (СПБ). Любая СПБ представляет собой структурно объединенную единством цели совокупность средств управления, информационного оповещения (сбора, анализа и обобщения) и пожаротушения, организационно объединенных в различного уровня и сложности формирования. Основу ее функционирования составляет решение одной или нескольких задач пожаротушения различной сложности объектов. Особенность ее функционирования состоит в выполнении задач по детерминированным алгоритмам функционирования для стохастических условий пожарной обстановки, характеризующихся случайными параметрами возгорания, возникновения и развития различного вида пожаров на объектах, способами их применения и влияния характеристик внешней среды на процесс пожаротушения.

Для применения СПБ характерно наличие определяющих особенностей [1–5]:

- неполнота, недостоверность и неточность информации об объекте пожаротушения (до прибытия на пожар отсутствует точная информация об интенсивности процесса горения, источниках и факторах, масштабе охвата площади объекта пожаротушения, нахождении на нем людей, взрывоопасных веществ, возможном материальном ущербе и т.д.);

- динамично изменяются условия ведения пожарных действий; решения по тушению пожара объекта принимаются на основе алгоритмических схем «действие – обратная связь» на основе анализа, корректировки и постоянного контроля за исполнением принятых решений;

- фактическое отсутствие времени для анализа текущей обстановки на всех стадиях тушения пожара и ликвидации его последствий;

- наличие риска принятия неадекватного пожарной обстановке управленческого решения;

- большое число участников пожаротушения, вовлеченных в процесс его подготовки и реализации;

- привлечение дополнительного ресурса сил, выполняющих по своим профессиональным функциям другой круг вопросов;

- уникальность возникновения критических ситуаций в процессе тушения пожара.

Наличие данных особенностей применения СПБ обуславливает задачу разработки методов для управления ресурсом сил и средств ПБ при решении задачи пожаротушения, исходя из анализа текущей пожарной обстановки на объекте, корректировки принятых решений для вновь появившихся опасностей и принятия решения по распределению задач ПБ и однозначно связанным с ними ресурсом сил и средств ПБ для решения задачи пожаротушения с заданной (максимальной) эффективностью.

Методы исследований

Выполнение задач различного предназначения и структурной сложности социально-экономическими системами (СЭС) в условиях возрастающей пожарной опасности обуславливает практическую необходимость решения задач ПБ на основе применения различного уровня эффективности мероприятий и средств ПБ [2–5]. Структура СЭС представляет взаимосвязанную по показателям эффективности совокупность различного типа и сложности объектов, рассматриваемых на иерархических уровнях в виде систем, подсистем и элементов.

Особенность распределения задач ПБ, вследствие структурной сложности построения СЭС, связана с необходимостью распределения ограниченного ресурса средств ПБ на ее нескольких $j = \overline{1, J}$ иерархических уровнях [6]. В общем случае целевая функция

(критерий) эффективности U_j определения задач ПБ на j -ом уровне СЭС представляется зависимостью:

$$U_j = \sum_{i \in Z_j} \lambda_{ij} \sum_k P_j(i | H_{ij}^k) P(H_{ij}^k), \quad (1)$$

где λ_{ij} – коэффициент важности решения i , $i = \overline{1, I}$ задачи ПБ на j -ом уровне элементов СЭС; $P_j(i | H_{ij}^k)$ – вероятность решения i задачи ПБ на j -ом уровне элементов СЭС при H_{ij}^k гипотезе об эффективности возможных мероприятий и ограниченного ресурса средств СПБ; $P(H_{ij}^k)$ – вероятность гипотезы H_{ij}^k об эффективности возможных мероприятий и выделенного ресурса средств ПБ для решения i задачи ПБ на j -ом уровне элементов СЭС; k – количество гипотез об эффективности возможных мероприятий и выделенного ресурса средств ПБ, $\sum_k P(H_{ij}^k) = 1$; Z_j – множество задач (ресурса средств) ПБ, подлежащих распределению СПБ на j -ом уровне элементов СЭС.

Постановка задачи по распределению задач (выделенного ресурса средств) ПБ состоит в обосновании оптимального значения целевой функции применения СПБ – достижения максимального значения эффективности решения i задач ПБ на всех j уровнях элементов СЭС за $T_{зад}$ директивное (минимальное) время в виде:

$$U^*(V_{oi}) = \max_{\{i\}} \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I U_{ij}(Z_j); \quad T^* = \min_{\{i\}} \sum_{j=1}^J \sum_{i \in Z_j} T_{ij}(Z_j); \quad T^* \leq T_{зад},$$

где U^* – эффективность решения задач ПБ на всех уровнях элементов СЭС; V_{oi} – множество допустимых вариантов решения i задач выделенным ресурсом средств ПБ; T^* – суммарное время решения i задач ПБ на всех уровнях элементов СЭС; T_{ij} – время решения i задачи ПБ на j -ом уровне элементов СЭС; $T_{зад}$ – директивное время решения задачи ПБ на j -ом уровне элементов СЭС.

Рассматриваемая задача как задача оптимального управления относится к классу задач дискретной оптимизации, для решения которой предлагается использовать метод ветвей и границ [7]. Метод реализует алгоритм последовательного определения оптимального распределения задач (целочисленного назначения ресурса средств) ПБ в иерархической структуре СПБ на основе реализации процедуры ветвления (построения дерева решений) множества вариантов распределения на подмножестве V_{oi} возможных вариантов в соответствии с целевой функцией (критерием) эффективности и определения нижних (верхних) оценок (границ) на каждом шаге ветвления. Под множеством решений $V_{oi} \subset V_{oi}$ понимается множество допустимых вариантов распределения задач (ресурса средств) ПБ, являющихся функцией результатов их эффективности на предыдущих уровнях элементов СЭС.

В общем случае решение задачи состоит в определении $U^*(V_{oi})$ целевой функции эффективности применения СПБ на множестве V_{oi} допустимых вариантов решения i задачи ПБ на j -ом уровне элементов СЭС, удовлетворяющей верхней оценке целевой функции $U^{\max}(V_{oi})$ с учетом ограничений, определяющих область решения задачи. При этом верхняя оценка целевой функции для всех V_{oi} допустимых вариантов решений должна удовлетворять условию:

$$U^{\max}(V_{oi}) \geq U(V_{oi}); \quad V_{oi} \subset V_{oi}, \quad (2)$$

то есть оценка по множеству допустимых вариантов распределения задач (ресурса средств) ПБ по элементам иерархической структуры СЭС должна быть не хуже результатов оценки эффективности СПБ по любому входящему в него подмножеству.

Решение задачи (2) распределения задач (ресурса средств) СПБ применительно к иерархической структуре построения СЭС осуществляется структуризацией исходного $V_{oi} = V_0$ множества вариантов решений в соответствии с определенным условием на подмножества вариантов $V_0 = \bigcup V_{i,1}$, $V_{i,1} = \bigcup V_{i,2}, \dots$. При этом на первом шаге ветвления выбирается r_1 решение и формируется $V_{r_1,1}$ подмножество; на втором – осуществляется дальнейшее ветвление $V_{r_1,1}$ подмножества вариантов решений и производится оценка эффективности на $V_{r_1,i,2}$ подмножествах. После этого выбирается решение r_2 . Процесс ветвления продолжается до тех пор, пока не будет определено решение $U^*(V_{oi})$, соответствующее условиям оптимальности (2); в этом случае полученное подмножество решений включает в себя только один вариант $U^*(V_{oi})$ распределения задач (ресурса средств) СПБ в структуре СЭС.

Поиск решения задачи осуществляется в предположении, что V_{oi} множество допустимых вариантов решений формируется из условия решения каждой задачи ПБ на всех уровнях элементов СЭС только один раз, а значения k и $P(H_{ij}^k)$ в выражении (1) принимаются равными единице. Тогда решения оптимизационной задачи распределения задач (ресурса средств) ПБ по элементам структуры СЭС при ограничении на T^* общее время представляется зависимостью:

$$U^*(V_{oi}) = \max_{\{i\}} \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I \lambda_{ij} P_{ij}(V_{oi}) \quad (3)$$

$$\text{при} \quad T^* = \min_{\{i\}} \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I T_{ij}(V_{oi}); \quad T^* \leq T_s, \quad P_{ij}(V_{oi}) = [0;1]. \quad (4)$$

Такое представление задачи позволяет реализовать поиск решения на основе построения алгоритма ветвления задач ПБ в иерархической структуре СЭС. С этой целью осуществляется формирование $V_{1,1}, V_{2,1}, \dots, V_{i,1}, \dots, V_{I,1}$ подмножества первого уровня разбиения путем фиксирования на данном уровне одной из задач ПБ. Например, $V_{2,1} = V_{r_1,1}$ множество включает в себя все варианты распределения задач ПБ, где вторая задача ПБ решается на первом уровне структуры СЭС, а разбиение остальных задач ПБ по $\overline{2}, \overline{J}$ уровням является произвольным. Аналогично, множество второго уровня формируется аналогично фиксированием на этом уровне одной из задач ПБ, оставшихся незакрепленными после выбора $r_1=2$ задачи ПБ, решаемой на первом уровне элементов структуры СЭС. Так, множество $V_{r_1,i,2}$ содержит в себе варианты решений, где на первом уровне решается r_1 задача ПБ, на втором уровне любая $i = \overline{1, I}$ задача ПБ, кроме r_1 ($i \neq r_1$), а остальные задачи ПБ по оставшимся $\overline{3, \overline{J}}$ уровням имеют произвольное распределение и т.д. Для каждого из подмножеств (вершин дерева) решений вычисляется верхняя оценка целевой функции

и нижняя оценка – ограничения. Общее выражение верхней оценки $U(V_s)$ целевой функции для V_{di} множества вариантов на s уровне с учетом [6, 8, 9] определяется в виде:

$$U(V_s) = \sum_{j=1}^s \lambda_{r_j, j} \cdot P_{r_j, j}(V_{r_j}) + \sum_{j=s+1}^J \max_{i, i \neq r_1, \dots, r_s} \lambda_{ij} P_{ij}(V_{di}), \quad (5)$$

а общее выражение для нижней оценки – ограничения, на основе уравнения:

$$T(V_s) = \sum_{j=1}^s T_{r_j, j}(V_{r_j}) + \sum_{j=s+1}^J \min_{i, i \neq r_1, \dots, r_s} T_{i, j}(V_{di}), \quad (6)$$

где r_j – номер внутренней задачи на $j < s$ уровне.

Оценка для функции ограничения (6) необходима для исключения из процесса распределения множества, заранее не подходящих вариантов распределения задач (ресурса средств) ПБ, исходя из выполнения ограничения на общее время решения задачи.

Результаты исследований и их обсуждение

Оценку решения задачи обоснования задач ПБ в иерархической структуре СЭС рассмотрим применительно к гипотетической пожарной ситуации. Пусть заданы матрицы значений вероятностей P и временных затрат T на решение задач ПБ и определены значения коэффициентов важности λ_{ij} решения i задач ПБ на $J = 5$ уровнях элементов СЭС:

$$P = \begin{bmatrix} 0,7 & 0,4 & 0,3 & 0,5 & 0,4 \\ 0,6 & 0,5 & 0,6 & 0,5 & 0,3 \\ 0,8 & 0,7 & 0,6 & 0,5 & 0,3 \\ 0,9 & 0,8 & 0,7 & 0,3 & 0,8 \\ 1,0 & 0,5 & 0,4 & 0,4 & 0,6 \end{bmatrix}^T; \quad T = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 & 9 & 7 \\ 8 & 7 & 6 & 9 & 10 \\ 5 & 3 & 6 & 11 & 6 \\ 6 & 7 & 5 & 12 & 8 \\ 5 & 6 & 7 & 4 & 5 \end{bmatrix}^T;$$

$$\lambda_{i, j=1} = 5; \lambda_{i, j=2} = 4; \lambda_{i, j=3} = 3; \lambda_{i, j=4} = 2; \lambda_{i, j=5} = 1.$$

Тогда

$$\lambda_{ij} P_{ij} = \begin{bmatrix} 3,5 & 2,0 & 1,5 & 2,5 & 2,0 \\ 2,4 & 2,0 & 2,4 & 2 & 1,2 \\ 2,4 & 2,1 & 1,8 & 1,5 & 0,9 \\ 1,8 & 1,6 & 1,4 & 0,6 & 1,6 \\ 1,0 & 0,5 & 0,4 & 0,4 & 0,6 \end{bmatrix}^T.$$

Решение задачи состоит в определении максимального значения целевой функции (критерия) эффективности $U^*(V_{di})$ – оптимального маршрута на дереве задач ПБ в иерархической структуре СЭС при $T_{зад}$ общем времени решения задачи – не более 23 мин, то есть $T^* \leq 23$ мин.

Вследствие того, что каждая задача ПБ на множестве допустимых вариантов решается всего один раз, то возможно упростить матрицы $\lambda_{ij} P_{ij}$ и T , выбросив из рассмотрения варианты, для которых не выполняется ограничение на $T_{зад}$ общее время решения задачи:

$$\sum_{k=1}^{i-1} \min_{\substack{r=1,\dots,5 \\ r \neq j}} T_{kr} + T_{ij} + \sum_{k=i+1}^5 \min_{\substack{r=1,\dots,5 \\ r \neq j}} T_{kr} > T_s, \quad i = \overline{1,5}; \quad j = \overline{1,5}; \quad r \neq j. \quad (7)$$

На основе условия (7) и ограничения на $T_{зад}$ возможно из матриц $\lambda_{ij}P_{ij}$ и T исключить варианты решений (элементы), которые не влияют на выбор оптимального пути распределения задач ПБ. После осуществления такого преобразования матрицы $\lambda_{ij}P_{ij}$ и T примут вид:

$$\lambda_{ij}P_{ij} = \begin{bmatrix} 3,5 & 2,0 & - & - & - \\ 2,4 & 2,0 & 2,4 & 2,0 & 1,2 \\ 2,4 & 2,1 & - & - & 0,9 \\ 1,8 & 1,6 & 1,4 & - & 1,6 \\ 1,0 & 0,5 & - & 0,4 & 0,6 \end{bmatrix}^T; \quad T = \begin{bmatrix} 1 & 3 & - & - & - \\ 8 & 7 & 6 & 9 & 10 \\ 5 & 3 & - & - & 6 \\ 6 & 7 & 5 & - & 8 \\ 5 & 6 & - & 4 & 5 \end{bmatrix}^T.$$

На основе полученных в результате преобразования матриц $\lambda_{ij}P_{ij}$ и T проведем решение задачи в соответствии с зависимостями (3) и (4). Дерево решений по распределению задач (ресурса средств) ПБ на пяти уровнях элементов структуры СЭС с учетом оценок (5) и (6) представлено на рисунке. На нем в корневой вершине дерева указаны предельная верхняя граница $U^{\max}(V_0)$ целевой функции (равна 11,1) и предельная нижняя граница $T^{\min}(V_0)$ времени поиска (равна 19 мин). В левой части остальных вершин для каждого уровня приведены текущая верхняя граница значения $U(V_s)$ целевой функции эффективности, в правой части – нижняя граница $T(V_s)$ общего времени. Жирными линиями выделен маршрут поиска оптимального решения на множестве V_{oi} допустимых вариантов распределения задач ПБ. Результаты обоснования задач (ресурса средств) ПБ в иерархической структуре СЭС состоят в распределении ресурса средств ПБ: на первом уровне решается задача № 1; на втором – № 3; на третьем – № 2; на четвертом – № 5 и на пятом – № 4.

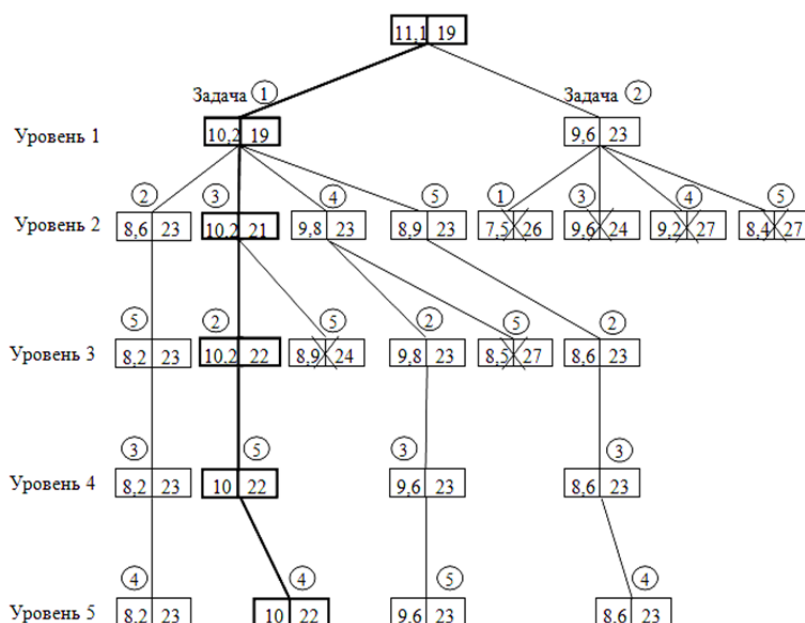


Рис. Оптимальный маршрут распределения задач (ресурса средств) ПБ по задачам и уровням принятия решений в структуре СЭС

Анализ результатов проведенных расчетов распределения задач ПБ в структуре СЭС показывает, что оптимальное значение целевой функции эффективности составляет $U^*(V_{oi}) = 10$ при $T^*(V_{oi}) = 22$ мин, не превышающем $T_{зад} = 23$ мин.

В общем случае решение данной задачи требует затрат большого объема и времени вычислений. Для понижения сложности и её последующего решения воспользуемся методом нормативного планирования [10], существо которого применительно к рассматриваемой задаче может быть сведено к следующему.

Обозначим через m_i^{*k} некоторые штатные (заранее определенные) нормы использования средств ПБ для обеспечения ПБ j -х типов элементов СЭС в виде: U_{ij}^o – для систем; U_{ijk}^o – для k подсистемы и \bar{U}_{ijk}^o – для j -го типа элементов. Эти нормы назначения средств ПБ однозначно связаны с каждым i типом элементов СЭС и характеризующихся средней равнозначной эффективностью (вероятностью сохранения) ПБ. В данном случае применение данных норм назначения средств ПБ обеспечивает в типовых условиях пожаротушения примерно одинаковые значения вероятности ПБ всех j типов элементов СЭС с учетом совместного применения со средствами индивидуальной ПБ, как правило, на основе различного типа огнетушителей и ручного пожарного инструмента. Эти штатные нормы определяются по результатам технико-экономического обоснования N_i состава средств СПБ, необходимым условием которого являются способы применения разнотипных средств ПБ совместно со средствами индивидуальной ПБ j -го типа элементов СЭС.

Решение задачи распределения штатных норм средств ПБ аналогично осуществим с использованием метода ветвей и границ [10] на основе дальнейшего ветвления решений. На первом шаге дерева решений формируется подмножество нормативных решений с использованием первого типа средств ПБ, назначение же других типов средств ПБ производится произвольно. Когда условно-оптимальное решение относительно назначения первого типа средств ПБ принято, осуществляется второй шаг – назначение второго типа средств ПБ, а назначение третьего типа средств ПБ является произвольным. Затем аналогично делается следующий шаг.

Граничные оценки для каждого шага алгоритма распределения ресурса i -го типа средств ПБ имеют вид:

$$U_{ij}(\|\bar{r}_{ok}^{ij}\|_j) = \sum_{k=1}^K \lambda_k \gamma_{ik} \max_{\bar{r}_k^{ij}} P_{ik}^j(\|\bar{r}_{ok}^{ij}\|_j, m_i^{*k}), \quad (8)$$

$$\text{при} \quad \sum_{k=1}^K N_i r_k^{ij} \leq R_j; \quad r_k^{ij} = 0, 1, 2, \dots, \bar{U}_{ijk}^o. \quad (9)$$

Решение задачи (8), (9) в данном случае можно осуществить используя нормативные назначения, например, одного, двух и возможно трех i -го типа средств ПБ на каждый элемент СЭС с учетом коэффициентов важности k подсистемы и j -го элемента. При этом размещение средств ПБ относительно элементов СЭС осуществляется с учетом установленных пространственных и технических норм.

Заключение

Предложенный метод распределения задач (ресурса средств) ПБ, реализуемый на основе метода ветвей и границ и метода нормативного планирования, позволяет осуществить оптимальное распределение ресурса различного типа средств СПБ для решения задач пожаротушения j -го типа элементов в иерархической структуре СЭС. Результаты решения задачи могут использоваться в задачах технико-экономического обоснования структуры и состава средств СПБ при решении задач управления ПБ различной сложности объектов.

Список источников

1. Мистров Л.Е., Литвинов О.В. Метод управления ресурсом обеспечения пожарной безопасности сложных объектов // Пожарная безопасность. 2013. № 1. С. 119–124.
2. Смирнов А.В. Модель и алгоритмы управления пожарной безопасностью предприятий химической промышленности: автореф. дис. ... канд. техн. наук. 2020.
3. Семенов А.В. Совершенствование системы управления пожарно-спасательными подразделениями при ликвидации крупных пожаров и чрезвычайных ситуаций: автореф. дис. ... канд. техн. наук. 2006.
4. Иванов К.С. Оптимизация структур сложных пожарных технических систем // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2019. № 4. С. 62–68.
5. Лабинский А.Ю., Бородушко И.В. Оптимизация управления ресурсами подразделений государственной противопожарной службы МЧС России // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2022. № 2.
6. Мистров Л.Е., Литвинов О.В. Процедура структурно-параметрического синтеза задачи обоснования комплексов индивидуальной пожарной безопасности // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2012. № 2. С. 9–16.
7. Ковалев М.М. Дискретная оптимизация. Целочисленное программирование. Минск: Изд-во Белорусского ун-та, 1977.
8. Мистров Л.Е. Метод выбора и распределения ресурсов в обеспечивающих организационно-технических системах // Автоматизация и современные технологии. 2006. № 11. С. 24–29.
9. Денисов А.А., Колесников Д.Н. Теория больших систем Л.: Энергоиздат, 1982. 287 с.
10. Пospelov Г.С. Программно-целевое планирование и управление. М.: Сов. радио, 1976.

References

1. Mistrov L.E., Litvinov O.V. Metod upravleniya resursom obespecheniya pozharnoj bezopasnosti slozhnyh ob"ektov // Pozharnaya bezopasnost'. 2013. № 1. S. 119–124.
2. Smirnov A.V. Model' i algoritmy upravleniya pozharnoj bezopasnost'yu predpriyatij himicheskoy promyshlennosti: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. 2020.
3. Semenov A.V. Sovershenstvovanie sistemy upravleniya pozharno-spasatel'nymi podrazdeleniyami pri likvidacii krupnyh pozharov i chrezvychajnyh situacij: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. 2006.
4. Ivanov K.S. Optimizaciya struktur slozhnyh pozharnyh tekhnicheskikh sistem // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2019. № 4. S. 62–68.
5. Labinskij A.Yu., Borodushko I.V. Optimizaciya upravleniya resursami podrazdelenij gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby MCHS Rossii // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2022. № 2.
6. Mistrov L.E., Litvinov O.V. Procedura strukturno-parametricheskogo sinteza zadachi obosnovaniya kompleksov individual'noj pozharnoj bezopasnosti // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2012. № 2. S. 9–16.
7. Kovalev M.M. Diskretnaya optimizaciya. Celochislennoe programmirovaniye. Minsk: Izd-vo Belorusskogo un-ta, 1977.
8. Mistrov L.E. Metod vybora i raspredeleniya resursov v obespechivayushchih organizacionno-tekhnicheskikh sistemah // Avtomatizaciya i sovremennye tekhnologii. 2006. № 11. S. 24–29.
9. Denisov A.A., Kolesnikov D.N. Teoriya bol'shih sistem L.: Energoizdat, 1982. 287 s.
10. Pospelov G.S. Programmno-celevoe planirovaniye i upravleniye. M.: Sov. radio, 1976.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 28.12.2023; одобрена после рецензирования: 04.03.2024;
принята к публикации: 05.03.2024

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 28.12.2023; approved after review: 04.03.2024;
accepted for publication: 05.03.2024

Информация об авторах:

Мистров Леонид Евгеньевич, профессор кафедры Центрального филиала Российского государственного университета правосудия (394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 95), доктор технических наук, профессор, e-mail: mistrov_le@mail.ru, SPIN-код: 2829-4265

Information about authors:

Mistrov Leonid E., professor of the department of the central branch of the Russian state university of justice (394006, Voronezh, 20-letiya Oktyabrya st., 95), doctor of technical sciences, professor, e-mail: mistrov_le@mail.ru, SPIN: 2829-4265