

Научная статья

УДК 658.5

doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2023.29.68.004

Модель оценки эффективности решения задач управления при ликвидации аварий на объектах транспортировки нефтепродуктов

Владимир Федорович Щетка
Оксана Ивановна Скрыпникова¹

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

¹<https://orcid.org/0000-0003-2656-4907>

*Автор ответственный за переписку: Оксана Ивановна Скрыпникова,
skrypnikova.oxana@yandex.ru*

Аннотация. Ежегодно растущая потребность населения в нефти и продуктах ее переработки предполагает рост компаний, занимающихся транспортировкой опасных грузов. Увеличение количества перевозок влечет за собой возможный рост аварийных ситуаций, которые могут являться источником чрезвычайных ситуаций. Эффективность принимаемых решений при ликвидации аварий напрямую связана с действиями подразделений, которые принимают участие в этом процессе. Управление процессом ликвидации последствий в системе МЧС России осуществляет оперативная дежурная смена ЦУКС. На основе алгоритма работы смены были выделены критерии и показатели, позволяющие оценить принимаемое решение. В работе разработана модель оценки эффективности решения задач управления, которая включает три блока: выделение дерева критериев и показателей, многокритериальный анализ и оценка эффективности. Порядок применения разработанной модели отражен на практическом примере.

Ключевые слова: аварийная ситуация, дерево критериев, оперативная дежурная смена, оценка эффективности, теория важности критериев

Для цитирования: Щетка В.Ф., Скрыпникова О.И. Модель оценки эффективности решения задач управления при ликвидации аварий на объектах транспортировки нефтепродуктов // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2023. № 2 (29). С. 60-69. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2023.29.68.004>.

Original article

A MODEL FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF SOLVING MANAGEMENT PROBLEMS IN THE ELIMINATION OF ACCIDENTS AT OIL PRODUCTS TRANSPORTATION FACILITIES

Vladimir F. Shchetka
Oksana I. Skrypnikova¹

Saint-Petersburg University of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

¹<https://orcid.org/0000-0003-2656-4907>

Corresponding author: Oksana I. Skrypnikova, skrypnikova.oxana@yandex.ru

Abstract. Every year, the growing demand of the population for oil and its refined products implies the growth of companies engaged in the transportation of dangerous goods. An increase in the number of shipments entails an increase in emergency situations, which can be a source of emergencies. The effectiveness of the decisions taken in the liquidation of accidents is directly related to the actions of the units that take part in this process. The management of the process of liquidation of consequences in the system of the Ministry of Emergency Situations of Russia is carried out by the operational duty shift of the crisis management center. Based on the shift work algorithm, criteria and indicators were identified that allow evaluating the decision being made. The paper has developed a model for evaluating the effectiveness of solving management problems, which includes three blocks: selection of a tree of criteria and indicators, multi-criteria analysis and efficiency assessment. The order of application of the developed model is reflected in a practical example.

Keywords: emergency situation, operational duty shift, efficiency assessment, theory of the importance of criteria

For citation: Shchetka V.F., Skrypnikova O.I. A model for evaluating the effectiveness of solving management problems in the elimination of accidents at oil products transportation facilities// Siberian Fire and Rescue Bulletin.2023;2(29): 60-69. (In Russ.). <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2023.29.68.004>.

Введение. Нефтяная промышленность является одной из ведущих составляющих национальной экономики, играет колоссальную роль в обеспечении внутреннего рынка и в реализации экспортного потенциала страны. На протяжении многих лет Российская Федерация занимает лидирующие позиции по запасам нефти и продолжает работу по развитию ресурсной базы. Наряду с позитивным прогнозом развития промышленности целесообразно учитывать ее возможное негативное влияние на жизнь и здоровье населения, окружающую среду, объекты инфраструктуры, выражающееся в вероятности возникновения аварий на различных типах объектов транспортировки (автомобильный, железнодорожный, водный, трубопроводный).

Вышедший 13 июля 2020 года Федеральный закон № 207 «О внесении изменений в статью 46 Федерального закона «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» определил новые обязанности для лиц, осуществляющих деятельность по добыче, производству, транспортированию, хранению и реализации углеводородного сырья и продукции из него. В частности, предписана разработка плана по ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов (ПЛАРН). ПЛАРН разрабатывается для каждого типа ЧС заблаговременно, в нем определены возможные сценарии развития ЧС и действия по их ликвидации, что значительно упрощает работу подразделений и сотрудников, задействованных в ликвидации.

Управление процессом ликвидации ЧС в системе МЧС России выполняет орган повседневного управления единой государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС – Центр управления в кризисных ситуациях (ЦУКС), в состав которого входит оперативная дежурная смена (ОДС ЦУКС). При принятии решений по ликвидации сотрудники ОДС ЦУКС опираются на ряд нормативно-правовых актов, установленный алгоритм работы, в том числе и ПЛАРН, соблюдение требований которых во многом определяют эффективность решения [1].

Оценке эффективности решений посвящены работы Липского Р.В., Матвеева А.В., Хохлова А.Ф., Пономарева В.Ф., Ямалова И.У., Вилисова В.Я., Зуйковой А.А., Сараева И.В., Захарова Д.Ю., Лосевой В.В., Денисова А.Н., Данилова М.М., Сисиной О.А., Yang Shen, Dong Mu и многих других.

В работах указанных авторов представлены математические модели управляющих воздействий, построенные на основе аппарата знаковых орграфов; предложены модели многоуровневых систем управления организацией в условиях неопределенности, а также описан механизм синтеза многоуровневой системы управления организацией, действующей в условиях вероятного возникновения ЧС; выявлены факторы, определяющие эффективность функционирования разрабатываемых многоуровневых систем в нефтегазовой отрасли.

Анализ работ показал, что вопросам оценки эффективности управленческих решений при ликвидации аварий и учету специфики объектов транспортировки нефтепродуктов уделено недостаточно внимания, поэтому актуальной задачей является разработка модели оценки эффективности управленческих решений, которая будет учитывать особенности ликвидации аварии на объектах транспортировки нефтепродуктов:

- высокий риск возникновения разлива нефтепродуктов на суше/акватории, что требует минимального времени прибытия подразделений;
- невозможность заранее установить местоположение аварии, что повышает время реагирования;
- труднодоступность к месту аварии (при разгерметизации трубопровода в болотистой местности, при разливе нефти в акватории, на ж/д путях);
- определение оптимального маршрута следования к месту аварии с учетом влияния погодных условий, загруженности дорог и состояния дорожного покрытия;
- высокий риск возникновения пожара на месте аварии, так как одним из свойств нефтепродуктов является способность к самовозгоранию;
- риск возникновения взрыва топливно-воздушной смеси.

Материалы и методы исследования. Эффективность представляет собой совокупность свойств, определяющих степень достижения цели. Для ее оценки в работе были выделены критерии в виде дерева, позволяющие оценить принятые решения. Из сформированного множества критериев выделяются предпочтительные, на основе которых и производится оценка.

Для выделения предпочтительных критериев был взят за основу подход, предложенный в работах В.В. Подиновского о теории важности критериев [2;3]. Методы теории важности критериев, в частности, реализованы в системе поддержки и принятия решений DASS, которая позволяет выделить предпочтительные (недоминируемые) критерии. Порядок использования указанной системы описан в работе Нелюбина А.П [4].

На основе выделенных критериев формируется многокритериальная задача принятия решений, с учетом того, что решение такого типа задач основывается на предпочтениях ЛПР, которые не являются точными, следовательно, применяются положения теории нечетких множеств [5-8], позволяющие определить принадлежность критерия к шкале с определенной вероятностью. Решения, принадлежащие области допустимых значений, подлежат оценке их эффективности.

Результаты исследования и их обсуждение. Предлагаемая модель оценки эффективности состоит из трех блоков:

1. Выделение показателей и критериев оценки эффективности при ликвидации аварий на объектах транспортировки нефтепродуктов;
2. Проведение многокритериального анализа;
3. Оценка эффективности решений.

Блок 1. Выделение показателей и критериев эффективности. На основе алгоритма работы должностных лиц ОДС ЦУКС было составлено дерево (рис 1), которое отражает критерии и показатели, учет которых позволяет оценить эффективность решения задач управления при ликвидации ЧС.

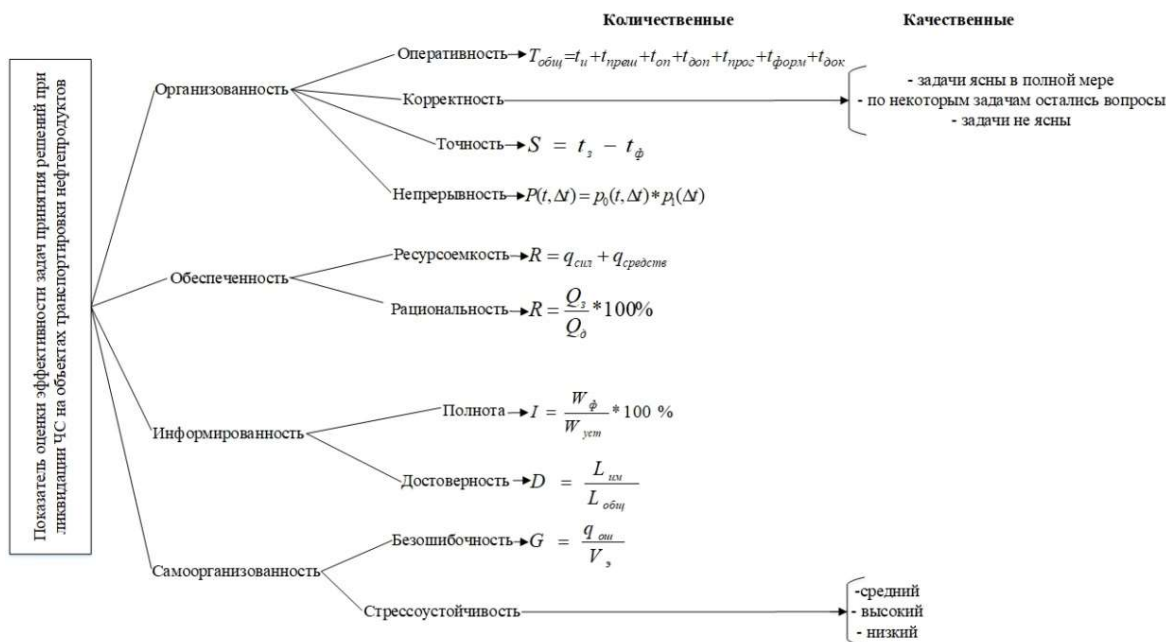


Рис.1. Дерево критериев и показателей оценки эффективности решений

Из множества выделенных критериев необходимо выбрать предпочтительные с точки зрения оценки эффективности задач принятия решений при ликвидации ЧС. Для отбора критериев привлекались эксперты, которым было предложено оценить 10 критериев по порядковой шкале: «1» – не важен, «2» – менее важен, «3» – важен, «4» – более важен.

Результаты опроса обработаны в системе DASS (Рис.2, 3), с помощью которой были выделены предпочтительные (недоминируемые) варианты: оперативность, рациональность распределения сил и средств (СиС), полнота информации, непрерывность управления.

Dass - Задача отбор критериев

Текущая категория: Варианты

	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4
Оперативность	4	3	4	4
Корректность	3	3	2	3
Точность	3	3	3	4
Непрерывность	4	3	4	4
Ресурсоемкость	2	2	3	3
Рациональность	4	3	4	4
Полнота	4	3	4	4
Достоверность	3	3	4	3
Безошибочность	3	3	3	3
Стрессоустойчивость	3	3	4	3

Рис.2. Исходные данные

Dass - Задача отбор критериев

Текущая категория: Недоминируемые варианты

Всего вариантов: 10, недоминируемых: 4.

Недоминируемые варианты:

	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4
Оперативно...	4	3	4	4
Непрерывно...	4	3	4	4
Рационально...	4	3	4	4

Доминируемые варианты:

	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4
Корректность	3	3	2	3
Точность	3	3	3	4
Ресурсоемко...	2	2	3	3

Рис.3. Недоминируемые варианты

1. Оперативность. Один из важных критериев оценки эффективности [9], который позволяет оценить время выполнения задач должностными лицами ОДС ЦУКС при ликвидации ЧС и включает в себя: время на доведение информации по иерархии $t_{и}$; принятие решения (анализ и оценка обстановки, взаимодействие со сторонними организациями, распоряжение на выезд) $t_{преш}$; время, затраченное на оповещение населения $t_{оп}$; время привлечения дополнительных СиС $t_{доп}$ (при необходимости); составление прогноза $t_{прог}$; формирование предложений $t_{форм}$; подготовка отчетных документов $t_{док}$. Расчет времени производится в мин., время возникновения ЧС - $t_{чс}$. (время Ч). Общее время ликвидации ЧС можно рассчитать следующим образом:

$$T_{общ} = t_{и} + t_{преш} + t_{оп} + t_{доп} + t_{прог} + t_{форм} + t_{док} \quad (1)$$

Общее время выполнения задач не должно превышать нормативное $T_{\text{норм}}$, указанное в регламенте при ликвидации ЧС $T_{\text{общ}} \leq T_{\text{норм}}$. В противном случае процесс ликвидации будет происходить с задержкой, что повлечет за собой большие потери.

2. Рациональность распределения СиС (количество подразделений, бонов, нефтесборных систем, сорбентов, емкостей для сбора нефтепродуктов и т.д.), которую можно определить путем отношения количества задействованных СиС к ликвидации Q_3 к количеству достаточных СиС Q_d , определенных формулой:

$$R = \frac{Q_3}{Q_d} * 100\% \quad (2)$$

Расчет достаточности сил и средств для ликвидации проводится в соответствии с планом предупреждения и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов, при котором должны учитываться наиболее неблагоприятные условия возникновения ЧС. Показатель рациональности распределения СиС, полученный при расчетах, должен стремиться к 100%, так как задействованные, но не примененные СиС могут быть необходимы на ЧС, возникших в то же время.

3. Полнота информации. Критерий позволяет оценить информацию, отраженную в паспорте территории (объекта) (Паспорт), который разрабатывается для информационной поддержки принятия решений в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. В соответствии с [10] для проверки состояния имеющихся Паспортов, каждый раздел закрепляется за определенным специалистом ОДС по его направлению деятельности, который осуществляет проверку полноты сведений, проводит сравнительный анализ информации, отраженной в Паспортах. Таким образом, критерий полноты информации можно рассчитать следующим образом:

$$I = \frac{W_{\text{ф}}}{W_{\text{уст}}} * 100\% \quad (3)$$

где: $W_{\text{ф}}$ – количество фактически заполненных разделов Паспорта;

$W_{\text{уст}}$ – количество нормативно установленных разделов Паспорта.

Показатель полноты информации не достигший 100 % указывает на то, что возможны два варианта:

1) отсутствие рисков возникновения чрезвычайных ситуаций, характерных для рассматриваемой территории (объекта);

2) отсутствие разделов, необходимых для отработки в любом паспорте.

4. Непрерывность управления. В каждой ОДС ЦУКС есть специалист, отвечающий за исправность технических средств, который при заступлении на службу обязан провести проверку. Критерий позволяет оценить возможность должностных лиц ОДС ЦУКС постоянно получать данные о ЧС, осуществлять взаимодействие с подразделениями. Главным условием достижения непрерывности управления является постоянное знание обстановки, анализ

и предвидение наиболее существенных изменений, которое возможно достичь путем безотказной работы технических средств и безошибочной работы должностных лиц. Оценить непрерывность управления можно с помощью вероятности безотказной работы:

$$P(t, \Delta t) = p_0(t, \Delta t) * p_1(\Delta t) \quad (4)$$

где: $p_0(t, \Delta t)$ – вероятность безотказной работы технических средств в интервале времени $(t, \Delta t)$;

$p_1(\Delta t)$ – вероятность безошибочной работы руководителя в течение времени Δt , при условии, что все технические средства работают штатном режиме.

Значение вероятности безотказной работы, стремящиеся к 1 указывает на слаженную и правильно построенную работы сотрудниками смены.

Блок 2. Проведение многокритериального анализа. При решении многокритериальных задач, основную роль играют предпочтения ЛПР, которые в большинстве случаев имеют нечеткий характер, оценки альтернатив также задаются с погрешностью, которую необходимо учесть. Поэтому для решения подобных задач применяется теория нечетких множеств [7–9]. Прежде чем проводить операции с нечеткими множествами необходимо привести все критерии к одной единице измерения (%).

Так, критерий оперативность, представленный формулой (1), можно представить в виде:

$$O = \frac{t_{и} + t_{преш} + t_{оп} + t_{доп} + t_{прог} + t_{форм} + t_{док}}{t_{ин} + t_{прешн} + t_{опн} + t_{допн} + t_{прогн} + t_{формн} + t_{докн}} * 100\% \quad (5)$$

где: значения знаменателя представляют нормативные значения времени выполнения задач.

Значение T, превышающее 100%, указывает на задержку по времени.

Критерий непрерывность управления определяется как вероятность, которую можно представить в процентах: 1–100%, 0,9–90% и т.д.

Для каждого из критериев, по мнению ЛПП сформированы интервалы, соответствующие порядковой шкале со значениями: «частично, соответствует», «соответствует» (табл. 1). Значения, относящиеся к шкале «соответствует» будут формировать область допустимых решений.

Табл. 1. Порядковая шкала критериев

	Оперативность	Рациональность	Полнота	Непрерывность
Частично соответствует	[0,50]	[0,80]	[0,70]	[0,85]
Соответствует	[50,100]	[80,100]	[70,100]	[85,100]

Таким образом, имеется универсальное множество A, заданное на области [0...100], значения критериев X, R – свойство, указывающее на то, что значения полученных критериев принадлежат значениям по шкале «соответствует» и функция принадлежности $\mu_A: X \rightarrow [0,1]$ принимающая значения в интервале [0,1].

Путем экспертного опроса определены значения функции принадлежности для каждого элемента множества A (табл. 2) и построено нечеткое множество

$$A = \{(x, \mu_A(x)), x \in X\} \quad (6)$$

Табл. 2. Нечеткое множество

x(x ∈ X)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$\mu_i(x)$	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1

Каждый из критериев формирует подмножество множества A:

$$O = \{(x, \mu_o(x)), x \in X\} \quad (7) \quad R = \{(x, \mu_R(x)), x \in X\} \quad (8)$$

$$I = \{(x, \mu_I(x)), x \in X\} \quad (9) \quad P = \{(x, \mu_p(x)), x \in X\} \quad (10)$$

С помощью системы Mathcad для каждого критерия построена треугольная функция принадлежности (Рис.4 – 7), которая задается формулой:

$$\text{trimf}(x) \begin{cases} 0 & \text{if } x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{if } a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & \text{if } b \leq x \leq c \\ 0 & \text{if } c \leq x \end{cases} \quad (11)$$

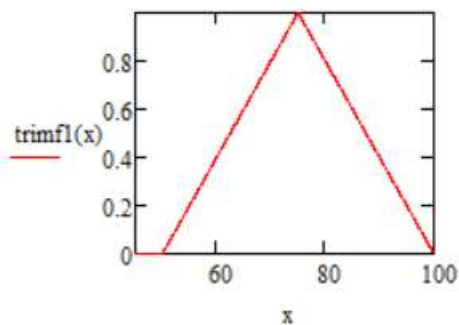


Рис.4. Функция принадлежности критерия «Рациональность»

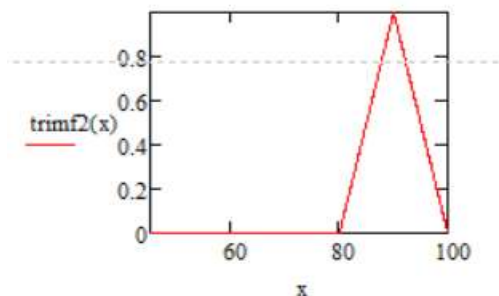


Рис.5. Функция принадлежности критерия «Оперативность»

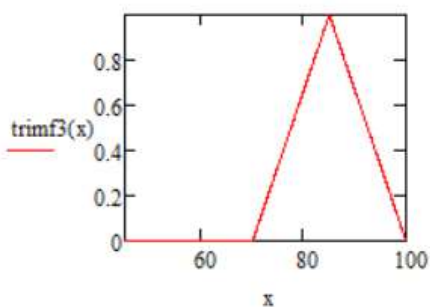


Рис.6. Функция принадлежности критерия «Полнота»

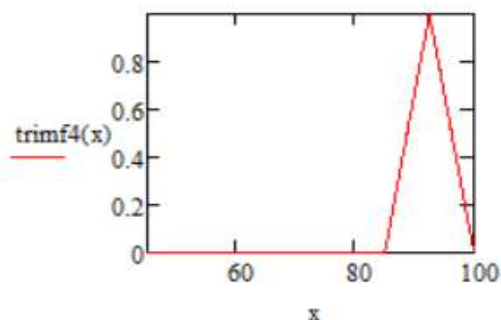


Рис.7. Функция принадлежности критерия «Непрерывность»

Для того, чтобы определить допустимую область решений, была выполнена операция «пересечение» применительно ко всем множествам, в результате которой получено новое множество С, определяемое по формуле:

$$\mu_c(x) = \min(\mu_o(x), \mu_R(x), \mu_I(x), \mu_p(x)) \quad (12)$$

Пересечение функций принадлежности критериев, образующих допустимую область значение показано на Рис.8.

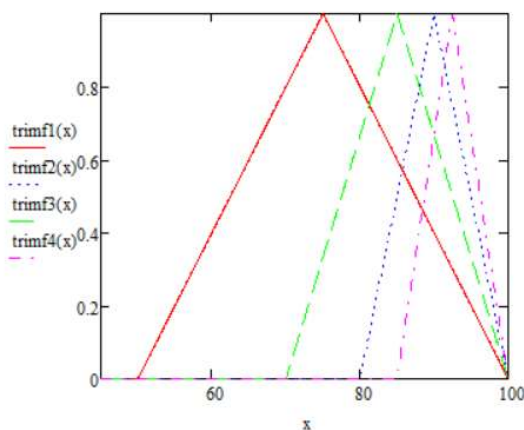


Рис.8. Пересечение множеств

Таким образом, значения критериев, принадлежащих области допустимых решений [85,100], претендуют на роль эффективных.

Блок 3. Оценка эффективности решений.

Одной из важных составляющих процесса принятия решений является оценка его эффективности, которая определяется степенью достижения цели. Для оценки эффективности принятых решений в работе была применена теория полезности, которая предполагает использование критерия эффективности, который формируется путем свертки частных критериев в один суперкритерий. Предполагается, что значения весовых коэффициентов для всех частных критериев равнозначны, т.е. $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = 0,25$.

Таким образом, была получена аддитивная свертка:

$$U = \frac{1}{4}(O + R + I + P) \quad (13)$$

Для оценки эффективности принятых решений необходимо сравнить полученные решения с эталонными. Таким образом, критерий эффективности равен:

$$\mathcal{E} = \frac{(O_\phi + R_\phi + I_\phi + P_\phi)}{(O_\mathcal{E} + R_\mathcal{E} + I_\mathcal{E} + P_\mathcal{E})} \quad (14)$$

где: $O_\phi + R_\phi + I_\phi + P_\phi$ – значения критериев, полученные фактически;
 $O_\mathcal{E} + R_\mathcal{E} + I_\mathcal{E} + P_\mathcal{E}$ – эталонные значения критериев (равные 100 %).

Таким образом, полученные значения критерия эффективности можно интерпретировать следующим образом:

0,85 – 1 – работа сотрудников ОДС ЦУКС выполнена в соответствии с установленным регламентом;

0,65 – 0,85 – при выполнении задач возникали несущественные ошибки, информация собрана не в полном объеме, задержки во времени;

0 – 0,65 – работа построена не по установленному регламенту, существенные задержки при выполнении задач, нерациональное распределение СиС, недостаток информации, ошибки и сбои при управлении.

Практическое применение модели. Необходимо оценить эффективность задач принятия решения ОДС ЦУКС при выполнении мероприятий по ликвидации ЧС. В 10.10. поступила информация об аварии, в результате которой произошла разгерметизация автоцистерны, в которой находилось дизельное топливо. Сотрудник ОДС, принимающий вызов, по возможности уточнил максимальную информацию, после чего в 10.11 доложил старшему оперативному дежурному (СОД). СОД провел анализ поступившей информации, после чего в 10.15 дал распоряжение личному составу на выезд к месту ЧС. По прибытии подразделения на место ЧС было выявлено, что произошел разлив нефтепродуктов на суше, часть из которых попала в находящийся по пути следования водоем. Было принято решение привлечь сторонние организации, АСФ, привлекаемые при разливах нефти. В 10.20 специалистом по учету сил и средств был проведен расчет необходимой привлекаемой техники в соответствии в ПЛАРН и в 10.25 дано распоряжение на привлечение соответствующих подразделений.

Специалист по оповещению и информированию в 10.25 провел оповещение населения, попадающего под опасные факторы. Специалист по мониторингу, прогнозированию и моделированию ЧС совместно со специалистом по ГИС-технологиям осуществил подготовку метеопрогноза и выводов о его влиянии на обстановку в районе ЧС в 10.30.

В результате анализа донесений было выявлено, что было привлечено 2 ед. техники (задействовано в работе – 2 ед.), привлечено 3 человека личного состава (задействовано в работе – 2). В ходе проверки информации паспортов территорий было выявлено, что отсутствовала часть информационно-справочного материала (2,5 раздела из 3). В ходе ликвидации сбоев технических средств не обнаружено.

В соответствии с исходными данными, была оценена эффективность задач принятия решений по выделенным критериям: оперативность, рациональность распределения СиС, полнота информации, непрерывность управления.

$$T = \frac{t_n + t_{\text{преш}} + t_{\text{оп}} + t_{\text{доп}} + t_{\text{прог}} + t_{\text{форм}} + t_{\text{док}}}{t_{\text{ин}} + t_{\text{прешн}} + t_{\text{опн}} + t_{\text{допн}} + t_{\text{прогн}} + t_{\text{формн}} + t_{\text{докн}}} * 100\% = \frac{1+5+10+5+2}{1+5+15+20+5} * 100\% = 67,4\%;$$

$$R = \frac{Q_z}{Q_d} * 100\% = \frac{2+2}{2+3} * 100\% = 80\%;$$

$$I = \frac{W_\phi}{W_{\text{уст}}} * 100\% = \frac{2,5}{3} * 100\% = 83\%;$$

$$P(t, \Delta t) = p_0(t, \Delta t) * p_1(\Delta t) = 100\%.$$

Таким образом, получены следующие данные (табл. 3):

Табл. 3. Расчетные значения

	Оперативность	Рациональность	Полнота	Непрерывность
Результаты расчетов	67,4	80	83	100
Шкала	[50,100]	[80,100]	[70,100]	[85,100]

Анализируя таблицу, можно заметить, что полученные результаты принадлежат шкале соответствия. Критерий эффективности равен:

$$\varepsilon = \frac{(67.4\% + 80\% + 83\% + 100\%)}{(100\% + 100\% + 100\% + 100\%)} = \frac{0.25 * 330.4\%}{0.25 * 400\%} = 0,826$$

Полученное значение критерия эффективности позволяет сделать вывод о том, что при выполнении задач сотрудниками ОДС ЦУКС были выявлены недостатки: задержки по времени, нерациональность распределения СИС (не все из задействованных были привлечены к ликвидации), недостаток информации в планах ликвидации.

Для повышения эффективности выполнения задач принятия решений при ликвидации ЧС на объектах транспортировки нефтепродуктов, необходимо:

- проведение тренировок подразделений в соответствии с планом;
- снабжение пожарных частей необходимыми средствами для сбора нефти (сорбенты, скиммеры и т.д.);
- в целях минимизации задержек при ликвидации ЧС, необходимо, провести аттестацию части сотрудников пожарной части, которые будут иметь право проводить работы по ликвидации разливов нефти;
- проведение плановых проверок технических средств в целях обеспечения бесперебойной работы.

Заключение. Таким образом, предлагаемая может быть использована руководителем ЦУКС для оценки выполняемых задач сотрудниками ОДС ЦУКС при реагировании на аварии на объектах транспортировки нефтепродуктов, выявить имеющиеся недостатки, предложить мероприятия по их устранению. Оценка эффективности решений позволит совершенствовать процесс принятия решений при ликвидации аварий, а также снизить количество жертв и размер материального ущерба.

Список источников

1. Остудин, Н. В. Оценка эффективности системы интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России при обеспечении безопасности на транспорте / Н. В. Остудин, В. И. Антюхов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2016. – Т. 4. – № 5-3(25-3). – С. 122-128. – EDN WZQDNB.
2. Подиновский, В. В. Введение в теорию важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений. Учебное пособие / В. В. Подиновский. – Москва: Физматлит, 2007. – 64 с. – ISBN 978-5-9221-0743-3. – EDN RBBFZP.
3. Нелюбин, А. П. Многокритериальные задачи с упорядоченными по важности группами критериев / А. П. Нелюбин, В. В. Подиновский // Автоматика и телемеханика. – 2022. – № 7. – С. 119-136. – DOI 10.31857/S0005231022070078. – EDN AETZTG.
4. Нелюбин А.П., Разработка методов анализа многокритериальных задач с использованием информации о важности критериев: дисс. канд. Физико –математич. техн. наук: 05.13.18., Москва, 2019 - 138 с.
5. Осипов, В. П. Многокритериальный анализ решений при нечетких областях предпочтений / В. П. Осипов, В. А. Судаков // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. – 2017. – № 6. – С. 1-16. – DOI 10.20948/prepr-2017-6. – EDN YGAFBX.
6. Логвинов, С.С. Применение теории нечетких множеств в сложных системах управления / С.С. Логвинов // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. – 2017. – Т. 3. – С. 264-267. – EDN ZEJJSX.
7. Group decision making through interval valued intuitionistic fuzzy soft sets / B. K. Tripathy, R. K. Mohanty, A. Panigrahi, T. R. Sooraj // International Journal of Fuzzy System Applications. – 2018. – Vol. 7. – No 3. – P. 99-117. – DOI 10.4018/IJFSA.2018070106. – EDN YHEIWL.
8. Generalized picture fuzzy soft sets and their application in decision support systems / M. J. Khan, P. Kumam, S. Ashraf, W. Kumam // Symmetry. – 2019. – Vol. 11. – No 3. – DOI 10.3390/sym11030415. – EDN MKAJJC.

9. Воднев, С. А. Оценка эффективности реагирования аварийно-спасательных служб на чрезвычайные ситуации на транспорте / С. А. Воднев, А. В. Матвеев // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2019. – № 2(50). – С. 110-117. – EDN XDDTYZ.

10. Методические рекомендации по порядку разработки, проверки, оценки и корректировки электронных паспортов территорий (объектов) (утв. МЧС России 15.07.2016 № 2-4-71-40) (ред. от 29.12.2017).

References

1. Ostudin, N. V. Evaluation of the effectiveness of the system of intellectual support for the activities of officials of management centers in crisis situations of the Ministry of Emergency Situations of Russia in ensuring transport safety / N. V. Ostudin, V. I. Antyukhov // Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice. – 2016. – Т. 4. – № 5-3(25-3). – Pp. 122-128. – EDN WZQDHB.

2. Podinovsky, V. V. Introduction to the theory of the importance of criteria in multi-criteria decision-making problems. Textbook / V. V. Podinovsky. – Moscow: Fizmatlit, 2007. – 64 p. – ISBN 978-5-9221-0743-3. – EDN RBBFZP.

3. Nelyubin, A. P. Multicriteria problems with groups of criteria ordered by importance / A.P. Nelyubin, V. V. Podinovsky // Automation and telemechanics. – 2022. – No. 7. – pp. 119-136. – DOI 10.31857/S0005231022070078. – EDN AETZTG.

4. Nelyubin A.P., Development of methods for the analysis of multi-criteria tasks using information on the importance of criteria: dissertation of the Candidate. Physico-mathematical. technical sciences: 05.13.18., Moscow, 2019 - 138 p.

5. Osipov, V. P. Multicriteria analysis of solutions for fuzzy areas of preferences / V.P. Osipov, V. A. Sudakov // Preprints of IPM named after M.V. Keldysh. – 2017. – No. 6. – pp. 1-16. – DOI 10.20948/prepr-2017-6. – EDN YGAFBX.

6. Logvinov, S. S. Application of the theory of fuzzy sets in complex control systems / S.S. Logvinov // International Conference on Soft computing and Measurements. – 2017. – Vol. 3. – pp. 264-267. – EDN ZEJJSX.

7. Group decision making through interval valued intuitionistic fuzzy soft sets / B. K. Tripathy, R. K. Mohanty, A. Panigrahi, T. R. Sooraj // International Journal of Fuzzy System Applications. – 2018. – Vol. 7. – No 3. – P. 99-117. – DOI 10.4018/IJFSA.2018070106. – EDN YHEIWL.

8. Generalized picture fuzzy soft sets and their application in decision support systems / M.J. Khan, P. Kumam, S. Ashraf, W. Kumam // Symmetry. – 2019. – Vol. 11. – No 3. – DOI 10.3390/sym11030415. – EDN MKAJJC.

9. Vodnev, S. A. Assessment of the effectiveness of emergency response services to emergencies in transport / S. A. Vodnev, A.V. Matveev // Problems of risk management in the technosphere. – 2019. – № 2(50). – Pp. 110-117. – EDN XDDTYZ.

10. Methodological recommendations on the procedure for the development, verification, evaluation and correction of electronic passports of territories (objects) (approved by the Ministry of Emergency Situations of Russia on 15.07.2016 No. 2-4-71-40) (ed. dated 29.12.2017).

Информация об авторах

В.Ф. Щетка - кандидат военных наук

Information about the author

V.F. Shchetka - Ph.D. of Military Sciences

Статья поступила в редакция 19.04.2023; одобрена после рецензирования 12.05.2023; принята к публикации 26.06.2023.

The article was submitted 19.04.2023, approved after reviewing 12.05.2023, accepted for publication 26.06.2023.