

УДК 351.862

А. Т. Шаяхметов¹, В. В. Голев¹, Е. П. Булегенов², Д. Аманкешұлы³

*¹Академия гражданской защиты имени Малика Габдуллина
МЧС Республики Казахстан, Кокшетау, Казахстан*

²Национальный университет обороны Республики Казахстан, Астана, Казахстан

*³Каспийский университет технологий и инжиниринга им. Ш. Есенова,
Актау, Казахстан*

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД ПО ОБОСНОВАНИЮ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИВЛЕЧЕНИЯ ГРУППИРОВКИ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Аннотация. В статье предлагается методический подход к обоснованию рационального привлечения группировки Вооруженных Сил Республики Казахстан для ликвидации чрезвычайных ситуаций. Методика включает два этапа: определение приоритетности проведения аварийно-спасательных и неотложных работ с применением экспертных оценок и выбор оптимального варианта привлечения сил с использованием методов линейного программирования. Критерием эффективности выступает минимизация времени прибытия сил в зону чрезвычайной ситуации, что позволяет увеличить количество спасенного населения. Представленный подход способствует обоснованному и эффективному планированию действий военных формирований при ликвидации последствий разрушений.

Ключевые слова: аварийно-спасательные и неотложные работы, метод экспертных оценок, зоны разрушения, время прибытия, оптимизация ресурсов.

Опыт проведения аварийно-спасательных и неотложных работ (АСНР) при ликвидации наиболее крупных чрезвычайных ситуаций (ЧС) последних лет показывает, что их выполнение не всегда осуществлялось с достаточной эффективностью и вследствие несвоевременного начала работ существенно увеличивались людские потери и материальный ущерб. Анализ выполнения АСНР в ходе ликвидации последствий Спитакского землетрясения, проведенный в исследованиях, показал, что до 40 % людей из числа погибших были живы в первые часы после землетрясения и могли быть спасены. Сокращение времени начала работ с 6 часов до 2 часов привело бы к уменьшению потерь на 30 % [1].

В первую очередь за работу взялись пожарные. Из-за толчков загорелась нефтебаза в Ленинакане. Огонь удалось погасить. В нескольких районах республики началась настоящая гуманитарная катастрофа.

Ликвидацией последствий и спасением людей занялась вся огромная страна. В район разрушений направили всё, что имелось под рукой, — военных, строителей, грузовики, медикаменты. Первые 100 грузовиков с лекарствами и палатками прибыли из соседней Грузии уже 7 декабря. Тысячи добровольцев со всего Союза искали людей под завалами. Из Москвы в Армению в тот же день вылетела бригада медиков во главе с министром здравоохранения СССР Евгением Чазовым. Только за первые сутки работы военные врачи спасли 1,2 тыс. пострадавших [2].

Для достижения поставленных целей в кратчайшие сроки требовалась чёткая организация сил и средств, их рациональное распределение и централизованное управление. В этих условиях становится очевидной необходимость системного привлечения соединений и частей вооружённых сил, дислоцированных в различных регионах, для проведения АСНР, а при необходимости — и мобилизации «резервистов».

Обоснование рационального варианта привлечения сил и средств группировки вооруженных сил Республики Казахстан (ВС РК), привлекаемой для ликвидации ЧС, должен осуществляться на основе последовательного решения следующих частных задач:

- определение приоритетности проведения АСНР в зоне ЧС;
- выбор и обоснование рационального варианта привлечения группировки ВСРК, привлекаемой для ликвидации ЧС.

Рассмотрим наиболее приемлемые подходы к решению данных задач.

Частная задача № 1

При выборе и обосновании рационального варианта привлечения сил и средств группировки ВС РК необходимо определить приоритетность проведения АСНР в зоне ЧС, с учетом значимости пострадавших объектов.

Для определения приоритетности проведения АСНР при возникновении ЧС необходимо определить объем завалов и количество пострадавшего населения.

Определение приоритетности объектов для проведения АСНР является важным фактором при ликвидации ЧС, так как это позволит выявить объекты, на которых требуется первоочередное проведение АСНР и в дальнейшем приведет к увеличению количества спасенного населения.

Следует отметить, что при возникновении ЧС в зонах разрушения может попасть различное количество объектов и населения. Как правило, при возникновении ЧС сил и средств для проведения АСНР на всех пораженных объектах недостаточно. В связи с этим необходимо определить очередность проведения АСНР на объектах, которые позволят снизить потери среди пострадавшего населения.

Анализ процедуры ранжирования, показал, что задача определения приоритетности мест проведения АСНР в зонах разрушения не поддается эффективной формализации и велика роль опыта и интуиции. В связи с этим целесообразно применить метод экспертных оценок.

Сущность метода экспертных оценок заключается в проведении экспертами интуитивно-логического анализа проблемы с количественной оценкой суждений и формальной обработкой результатов [3].

Метод экспертных оценок подразделяется на две группы: индивидуальные и коллективные экспертные оценки.

К основным видам экспертных оценок относятся: анкетирование и интервьюирование; мозговой штурм; дискуссия; совещание; деловая игра; сценарий. Каждый из этих видов экспертного оценивания обладает своими преимуществами и недостатками, определяющими рациональную область применения. Во многих случаях наибольший эффект дает комплексное применение нескольких видов экспертизы. Анкетирование и сценарий предполагают индивидуальную работу эксперта. Интервьюирование может осуществляться как индивидуально, так и с

группой экспертов. Остальные виды экспертизы предполагают коллективное участие экспертов в работе.

Независимо от индивидуального или группового участия экспертов в работе целесообразно получать информацию от множества экспертов. Это позволяет получить на основе обработки данных более достоверные результаты, а также новую информацию о зависимости явлений, событий, фактов, суждений экспертов, не содержащуюся в явном виде в высказываниях экспертов [3].

При использовании метода экспертных оценок возникают свои проблемы. Основными из них являются: подбор экспертов, проведение опроса экспертов, обработка результатов опроса, организация процедур экспертизы [3].

Получаемое в результате обработки обобщенное мнение экспертов принимается как решение проблемы. Комплексное использование интуиции, логического мышления и количественных оценок с их формальной обработкой позволяет получить эффективное решение проблемы.

При выполнении своей роли в процессе управления эксперты производят следующие основные функции: определяют зоны разрушения (полные, сильные, средние, слабые) и производят ранжирование зон разрушений по приоритетности проведения АСНР. Определение приоритетности АСНР осуществляется экспертами на основе знаний и опыта эксперта.

Частная задача № 2

В условиях крупномасштабных разрушений эффективность АСНР в значительной степени определяется рациональным распределением спасательных формирований между зонами завалов и разрушений. Для формализации процесса распределения предлагается математическая модель, по структуре относящаяся к классу транспортных задач линейного программирования.

Для решения частной задачи необходимо использовать следующие множества и параметры [4]:

I – множество спасательных формирований (источников), $i \in I$;

J – множество завалов и разрушений (потребителей), $j \in J$;

a_i – доступный ресурс формирования A_i ;

b_j – количество пострадавших в зоне B_j ;

$t_{(ij)}$ – расчётное время прибытия A_i в B_j ;

$\beta_{(ij)}$ – коэффициент выживаемости (доля спасаемых при $t_{(ij)}$);

$x_{(ij)}$ – число спасённых в зоне j силами i (переменная).

В качестве критерия эффективности принимается общее число спасённых людей:

$$\max Z = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \beta_{ij} x_{ij}$$

Ограничения:

- по ресурсам формирований:

$$\sum_{j \in J} x_{ij} \leq a_i, \forall i \in I;$$

- по числу пострадавших в зонах:

$$\sum_{j \in J} x_{ij} \leq b_i, \forall i \in I;$$

- неотрицательность:

$$x_{ij} \geq 0, \forall i \in I, \forall j \in J.$$

Для применения классических алгоритмов транспортной задачи модель удобно привести к виду минимизации, введя «стоимость»:

$$c_{ij} = 1 - \beta_{ij},$$

и минимизируя суммарные потери:

$$\min Z = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} x_{ij}.$$

При необходимости баланс $\sum_i a_i = \sum_j b_j$ обеспечивается введением фиктивного источника или фиктивного потребителя с нулевым коэффициентом выживаемости.

Для решения задачи распределения необходимо:

1. Построение опорного плана (методом северо-западного угла, минимального элемента либо методом Фогеля). На этом шаге формируется допустимый план x_{ij} , удовлетворяющий всем ограничениям, с числом базисных клеток $m + n - 1$.

2. Вычисление потенциалов строк u_i (потенциал i -го источника (поставщика) и столбцов v_j (потенциал j -го пункта назначения (потребителя) по условию:

$$u_i + v_j = c_{ij} \text{ для всех базисных клеток.}$$

3. Определение оценок оптимальности для свободных клеток:

$$\Delta_{ij} = c_{ij} - (u_i + v_j),$$

где c_{ij} — удельные затраты (или иные оптимизируемые показатели) на перевозку из i -го источника в j -й пункт назначения. Если для всех свободных клеток $\Delta_{ij} \geq 0$, текущий план является оптимальным. При наличии $\Delta_{ij} < 0$ выполняется улучшение плана.

4. Улучшение плана заключается в построении замкнутого цикла через выбранную небазисную клетку, чередовании знаков «+» и «-» и перераспределении объёмов x_{ij} на величину θ (минимальное значение в клетках со знаком «-»). Далее процедура повторяется с шага 2 до выполнения критерия оптимальности.

Рассмотрим пример с тремя подразделениями и тремя зонами завалов. Доступные ресурсы и потребности заданы:

$a_1=30$	$a_2=25$	$a_3=20$
$b_1=20$	$b_2=25$	$b_3=30$

Суммарные ресурсы и потребности совпадают ($30+25+20=20+25+30=75$), задача является «закрытой».

Предположим, что по результатам расчёта времени прибытия t_{ij} получены коэффициенты выживаемости β_{ij} , приведённые в таблице 1.

Таблица 1 – Коэффициенты выживаемости β_{ij}

Формирование/ Зона	B_1	B_2	B_3
A_1	0,90	0,80	0,70
A_2	0,80	0,90	0,60
A_3	0,70	0,80	0,80

Соответствующие «стоимости» (потери) определяются как:

$$c_{ij} = 1 - \beta_{ij}.$$

Получаем матрицу c_{ij}

Таблица 2 – Матрица стоимостей c_{ij}

Формирование / Зона	B_1	B_2	B_3	Запас a_i
A_1	0,10	0,20	0,30	30
A_2	0,20	0,10	0,40	25
A_3	0,30	0,20	0,20	20
Потребность b_j	25	25	30	

Для построения исходного опорного плана используем метод северо-западного угла и результаты вносим в итоговый опорный план (таблица 3):

Таблица 3 – Опорный план перевозок x_{ij}

Формирование / Зона	B_1	B_2	B_3	Сумма по строке
A_1	20	10	0	30
A_2	0	15	10	25
A_3	0	0	20	20
Сумма по столбцу	20	25	30	

Число базисных клеток равно $3+3-1=5$, условие невырожденности выполняется.

Произведем вычисление потенциалов и введём u_i для строк и v_j для столбцов, получаем:

$$u_1 = 0, \quad u_2 = -0,10, \quad u_3 = -0,30;$$

$$v_1 = 0,10, \quad v_2 = 0,20, \quad v_3 = 0,50.$$

Далее переходим к оценке оптимальности плана, для этого необходимо рассчитать $\Delta_{ij} = c_{ij} - (u_i + v_j)$ для свободных клеток:

$$\Delta_{21} = c_{21} - (u_2 + v_1) = 0,20 - (-0,10 + 0,10) = 0,20 \geq 0;$$

$$\Delta_{31} = c_{31} - (u_3 + v_1) = 0,30 - (-0,30 + 0,10) = 0,50 \geq 0;$$

$$\Delta_{32} = c_{32} - (u_3 + v_2) = 0,20 - (-0,30 + 0,20) = 0,50 \geq 0.$$

Все оценки $\Delta_{ij} \geq 0$, следовательно, полученный план является оптимальным.

Вернемся к исходной постановке максимизации по β_{ij} :

$$Z = \sum_{ij} \beta_{ij} x_{ij} = 0,90 \cdot 20 + 0,80 \cdot 10 + 0,90 \cdot 15 + 0,60 \cdot 10 + 0,80 \cdot 20 = 61,5$$

Таким образом, оптимальное привлечение сил и средств (рисунок 1) обеспечивает максимизацию числа спасённых при имеющихся ресурсных ограничениях и заданных временных параметрах прибытия формирований в зоне ЧС.

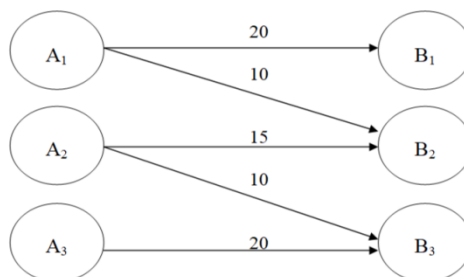


Рисунок 1 - Оптимальный план привлечения подразделений ВС РК между зонами завалов

Немаловажным остается рациональный подход к выявлению мест дислокации сил и средств, что позволит повысить эффективность реагирования и проведения спасательных работ при разрушительных землетрясениях [5].

В результате проведённого исследования обоснован методический подход к оптимизации привлечения сил и средств группировки ВС РК при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций в условиях завалов и массовых разрушений на основе применения математической модели транспортного типа. Предложенная модель позволяет учитывать ресурсные ограничения подразделений, пространственно-временные параметры их прибытия в зоны разрушений, а также коэффициенты выживаемости пострадавших, что обеспечивает формализованное обоснование управленческих решений при организации АСНР.

Показано, что использование классического алгоритма решения транспортной задачи обеспечивает получение оптимального плана распределения спасательных ресурсов, направленного на максимизацию количества спасённых. Проведённый численный эксперимент подтверждает корректность математической постановки задачи, устойчивость алгоритма к изменению исходных параметров и его применимость для практических расчётов в системе управления гражданской защитой.

Полученные результаты обладают практической значимостью и могут быть использованы при разработке и совершенствовании автоматизированных систем поддержки принятия решений органов управления гражданской защиты, а также в целях повышения оперативности и обоснованности планирования аварийно-спасательных мероприятий.

Список литературы

1. Сукиасян С.Г. Психопатология Спитакского землетрясения 1988 года: статика и динамика. – 2016. – Ч. 2.
2. Гражданская оборона в чрезвычайных ситуациях / под ред. И. И. Иванова. – М.: Наука, 2010. – 320 с.
3. Методы анализа иерархий в планировании эвакуации / А. П. Кузнецов. — СПб.: Техника, 2015. – 215 с.
4. Кусаинов А.Б. Практические аспекты принятия управленческих решений в гражданской защите математическим методом: учебное пособие. – Кокшетау: Академия гражданской защиты им. М. Габдуллина МЧС Республики Казахстан, 2025. – 112 с.
5. Савазов И.Х., Хасенов Ж.Х. Методология определения мест дислокации сил и средств формирований гражданской защиты для проведения спасательных работ при разрушительных землетрясениях // Наука и образования в гражданской защите. – 2024. – № 4(56). – С. 33-42.

References

1. Sukiasjan S. G. Psihopatologija Spitakskogo zemletrjasenija 1988 goda: statika i dinamika. – 2016. – Ch. 2.
2. Grazhdanskaja oborona v chrezvychajnyh situacijah / pod red. I. I. Ivanova. – M.: Nauka, 2010. – 320 s.
3. Metody analiza ierarhij v planirovanii jevakuacii / A. P. Kuznecov. — SPb.: Tehnika, 2015. – 215 s.
4. Kusainov A.B. Prakticheskie aspekty prinjatija upravlencheskih reshenij v grazhdanskoj zashhite matematicheskim metodom: uchebnoe posobie. – Kokshetau: Akademija grazhdanskoj zashhity im. M. Gabdullina MChS Respubliki Kazahstan, 2025. – 112 s.
5. Savazov I. H., Hasenov Zh. H. Metodologija opredelenija mest dislokacii sil i sredstv formirovanij grazhdanskoj zashhity dlja provedenija spasatel'nyh rabot pri razrushitel'nyh zemletrjasenijah // Nauka i obrazovaniya v grazhdanskoj zashhite. – 2024. – № 4(56). – S. 33-42.

А. Т. Шаяхметов¹, В. В. Голев¹, Е. П. Бөлегенов², Д. Аманкешұлы³

¹Қазақстан Республикасы ТЖМ Мәлік Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясы,
Көкшетау, Қазақстан

²Ұлттық қорғаныс университеті, Астана, Қазақстан

³Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті,
Ақтау, Қазақстан

**ТӨТЕНШЕ ЖАҒДАЙЛАРДЫ ЖОЮ ҮШІН ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҚАРУЛЫ
КҮШТЕРІНІҢ ТОПТАРЫН ҰТЫМДЫ ТАРТУДЫ НЕГІЗДЕУ ЖӨНІНДЕГІ
ӘДІСТЕМЕЛІК ТӘСІЛ**

Аңдатпа. Мақалада төтенше жағдайларды жою үшін тартылатын Қазақстан Республикасы Қарулы күштері тобын ұтымды бөлуді негіздеуге әдістемелік тәсіл ұсынылады. Әдістеме екі кезеңнен тұрады: сараптамалық бағалауды қолдана отырып, авариялық-құтқару және шұғыл жұмыстардың басымдылығын анықтау және сызықтық бағдарламалау әдістерін қолдана отырып, күштерді бөлудің оңтайлы нұсқасын таңдау. Тиімділік критерийі төтенше жағдай аймағына күштердің келу уақытын азайту болып табылады, бұл құтқарылған халықтың санын көбейтуге мүмкіндік береді. Ұсынылған тәсіл жойылу салдарын жою кезінде әскери құрылымдардың іс қимылдарын негізделген және тиімді жоспарлауға ықпал етеді.

Түйінді сөздер: авариялық-құтқару және шұғыл жұмыстар, сараптамалық бағалау әдісі, қирау аймақтары, келу уақыты, ресурстарды оңтайландыру.

A. T. Shayakhmetov¹, V. V. Golev¹, Y. P. Bulegenov², D. Amankeshyly³

¹*Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan, Kokshetau, Kazakhstan*

²*National Defense University of the Republic of Kazakhstan, Astana, Kazakhstan*

³*Caspian University of Technology and Engineering named after Sh.Yessenov, Aktau, Kazakhstan*

A METHODOLOGICAL APPROACH TO SUBSTANTIATE THE RATIONAL INVOLVEMENT OF THE ARMED FORCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN TO ELIMINATE EMERGENCIES

Abstract. The article presents a particular methodological approach to assessing citizens undergoing training in the field of civil defense to act in response to emergency situations of various types. Within the framework of the proposed methodology: a list of initial data necessary for the conducted research is determined; a method is proposed that evaluates the indicator of residual knowledge, skills of citizens, as well as an increase in the level of training of personnel during their training process. To solve the formulated particular problems, the method of correlation and regression analysis is applied. The implementation of the presented stages will make it possible to determine the direction for priority training in the field of civil defense.

Keywords: emergency and emergency operations, expert assessment method, destruction zones, arrival time, resource optimization.

Авторлар туралы мәлімет / Сведения об авторах / Information about the authors

Шаяхметов Асхат Талгатович – доцент кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях Академии гражданской защиты имени Малика Габдуллина МЧС Республики Казахстан, Кокшетау, Казахстан. E-mail: askhat08@bk.ru

Голев Владимир Владимирович – старший преподаватель кафедры оперативно-тактических дисциплин Академии гражданской защиты имени Малика Габдуллина МЧС Республики Казахстан, Кокшетау Казахстан. E-mail: golevv@mail.ru

Бulegenov Ернар Пернебаевич – кандидат военных наук, доцент Национального университета обороны, Астана, Казахстан. E-mail: yernaray789@mail.ru

Аманкешұлы Дастан – кандидат технических наук. Каспийский университет технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова, Актау, Казахстан

Askhat T. Shayakhmetov – associate Professor of the Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan, Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: askhat08@bk.ru

Vladimir V. Golev – Senior lecturer at the Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan. Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: golevv@mail.ru

Yernar P. Bulegenov – candidate of Military Sciences, associate Professor at the National Defense University, Astana, Kazakhstan. E-mail: yernaray789@mail.ru

Amankeshyly Dastan – Candidate of Technical Sciences, Caspian University of Technologies and Engineering named after Sh. Yesenov, Aktau, Kazakhstan