

УДК 614.8

А. Б. Кусаинов¹, К. А. Нарбаев², Р. Е. Сакенов¹

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

²*НАО «Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова», Кокшетау, Казахстан*

ОЦЕНКА РИСКОВАННОСТИ ВЫБОРА РЕШАЮЩЕГО НАПРАВЛЕНИЯ РУКОВОДИТЕЛЕМ ТУШЕНИЯ ПОЖАРА

Аннотация. Руководитель тушения пожара по прибытию на место вызова, должен в минимально короткие сроки принять решающее направление на локализацию пожара и проведения аварийно-спасательных работ. Выбор решающего направления осуществляется исходя из принципов, изложенных в Правилах организации тушения пожаров. Одно не редки случаи, когда руководитель тушения пожара сталкивается с ситуацией выбора решающего направления в условиях риска и неопределенности. В настоящее время учеными разработаны различные математические модели принятия решения в условиях риска и неопределенности. В данной статье с применением математических моделей теорий игр и вероятности показана методология принятия решающего направления на пожаре в условиях риска.

Ключевые слова: решающее направление, принципы принятия решающего направления, принятие решений в условиях риска и неопределенности.

В процессе управления силами и средствами на пожаре руководитель тушения пожара (РТП) не редко сталкивается с ситуацией, когда ему требуется принять решающее направление на тушение пожара и проведения аварийно-спасательных работ в условиях неопределенности и риска.

В предыдущей работе [1], нами были рассмотрены математические модели, позволяющие принимать решающее направление на пожаре в условиях неопределенности.

В рамках данной работы рассмотрим методику оценки рискованности выбора решающего направления с помощью коэффициента вариации.

Выбор оптимального решающего направления по характеристикам пожара означает выбор наименее рискованного решения.

Для проведения оценки рискованности выбора решающего направления примем следующий сценарий на пожаре. По прибытию на место вызова РТП столкнулся с условиями, произошел пожар, на место вызова прибыло одно отделение противопожарной службы. В ходе проведения разведки РТП установил, что происходит одновременное горение 3 производственных объектов [1]:

- первый объект общей площадью 90 м², площадь пожара составляет 45 м²;
- второй объект общей площадью 95 м², площадь пожара составляет 40 м²;
- третий объект общей площадью 80 м², площадь пожара составляет 45 м².

Угроза жизни и здоровью людей, и распространения огня на соседние объекты отсутствует.

РТП необходимо принять решение по выбору направления на тушение пожара [1].

Найдем значение среднего ожидаемого последствия для каждой альтернативы [2]:

$$V_1 = 45 \cdot 0,5 + 90 \cdot 0,5 = 67,5 \text{ м}^2;$$

$$V_2 = 40 \cdot 0,5 + 95 \cdot 0,5 = 67,5 \text{ м}^2;$$

$$V_3 = 45 \cdot 0,5 + 80 \cdot 0,5 = 62,5 \text{ м}^2.$$

На основании полученных данных составим матрицу ожидаемых последствий для выбора альтернативы с максимальным средним ожидаемым последствием (таблица 1).

Таблица 1 – Матрица ожидаемого дохода – принцип Лапласа

A	S₁	S₂	V
A ₁	45	90	67,5
A ₂	40	95	67,5
A ₃	45	80	62,5
p	0,5	0,5	$\sum_{i=1}^n p_i$

Вывод: наиболее предпочтительное решающее направление - **A₁** и **A₂**.

Произведем выбор по методу минимизации средних ожидаемых последствий. Максимальное значение ожидаемых последствий на момент прибытия РТП (**S₁**) составляет 45 м², максимальная площадь (**S₂**) равна 95 м².

Найдем условные последствия для каждой альтернативы для каждого объекта пожара [3]:

$$a_{11} = 45 - 45 = 0 \text{ м}^2;$$

$$a_{21} = 45 - 40 = 5 \text{ м}^2;$$

$$a_{31} = 45 - 45 = 0 \text{ м}^2;$$

$$a_{12} = 95 - 90 = 5 \text{ м}^2;$$

$$a_{22} = 95 - 95 = 0 \text{ м}^2;$$

$$a_{32} = 95 - 80 = 15 \text{ м}^2.$$

Определим средние значения ожидаемых условных последствий для каждой альтернативы [4]:

$$L_1 = 0 \cdot 0,6 + 5 \cdot 0,4 = 2 \text{ м}^2;$$

$$L_2 = 5 \cdot 0,6 + 0 \cdot 0,4 = 3 \text{ м}^2;$$

$$L_3 = 0 \cdot 0,6 + 15 \cdot 0,4 = 6 \text{ м}^2.$$

Полученные данные внесем в матрицу условных последствий на пожаре для выбора альтернативы с минимальным значением средних ожидаемых последствий (таблица 2) [5].

Таблица 2 – Матрица условных последствий

A	S₁	S₂	V
A ₁	0	5	2
A ₂	5	0	3
A ₃	0	15	6
p	0,6	0,4	$\sum_{i=1}^n p_i$

Вывод: наиболее предпочтительное решающее направление – **A₃**.

Затем используя значения матрицы 2, на основании принципа Лапласа и минимизации средних ожидаемых последствий рассчитаем оптимальное решающее направление на пожаре [6].

Определим средние значения ожидаемых условных последствий для каждой альтернативы [7]:

$$P_1 = 0 \cdot 0,5 + 5 \cdot 0,5 = 2,5 \text{ м}^2;$$

$$P_2 = 5 \cdot 0,5 + 0 \cdot 0,5 = 2,5 \text{ м}^2;$$

$$P_3 = 0 \cdot 0,5 + 15 \cdot 0,5 = 7,5 \text{ м}^2.$$

Составим матрицу условных последствий, с помощью которой выберем альтернативу с минимальным значением средних ожидаемых условных последствий на пожаре (таблица 3).

Таблица 3 – Матрица условных последствий – принцип Лапласа

A	S₁	S₂	V
A ₁	0	5	2,5
A ₂	5	0	2,5
A ₃	0	15	7,5
p	0,5	0,5	$\sum_{i=1}^n p_i$

Вывод: наиболее предпочтительное решающее направление – **A₃**.

Необходимо оценить рискованность предлагаемых альтернатив, для этого воспользуемся коэффициентом вариации.

Для вычисления дисперсии (D_φ), среднеквадратического отклонения (σ) и коэффициента вариации (K_B) случайной величины φ (в нашем случае это ожидаемые последствия) воспользуемся известными формулами теории вероятностей [8]:

$$D_\varphi = M(\varphi - M\varphi)^2 = \sum_{j=1}^n (x_j - M\varphi)^2 \cdot p_j \quad (1)$$

$$\sigma = \sqrt{D_\varphi} \quad (2)$$

$$K_B = \frac{\sigma}{M\varphi} \quad (3)$$

где $M\varphi$ - математическое ожидание случайной величины φ ; x_j - возможные значения этой случайной величины; p_j - вероятности этих значений.

В нашем случае математическим ожиданием случайной величины φ является среднее значение ожидаемого последствия пожара (V), т. е. $M\varphi = V$.

Обозначим через $D(A_i)$ и $\sigma(A_i)$ дисперсию и среднеквадратическое отклонение ожидаемого последствия пожара (как случайной величины) для альтернативы A_i .

Найдем дисперсию для каждой из альтернатив [9]:

$$D(A_1) = (0 - 2,5)^2 \cdot 0,6 + (5 - 2,5)^2 \cdot 0,4 = 2,5 \text{ м}^2;$$

$$D(A_2) = (5 - 2,5)^2 \cdot 0,6 + (0 - 2,5)^2 \cdot 0,4 = 6,25 \text{ м}^2;$$

$$D(A_3) = (0 - 7,5)^2 \cdot 0,6 + (15 - 7,5)^2 \cdot 0,4 = 56,25 \text{ м}^2.$$

Найдем среднеквадратическое отклонение ожидаемого дохода для каждой из альтернатив [10]:

$$\sigma(A_1) = \sqrt{D(A_1)} = \sqrt{2,5} = 1,6 \text{ м}^2;$$

$$\sigma(A_2) = \sqrt{D(A_2)} = \sqrt{6,25} = 2,5 \text{ м}^2;$$

$$\sigma(A_3) = \sqrt{D(A_3)} = \sqrt{56,25} = 7,5 \text{ м}^2.$$

Определим коэффициенты вариации для каждой альтернативы [10]:

$$K_B(A_1) = \frac{\sigma(A_1)}{V_1} = \frac{1,6}{2,5} = 0,64$$

$$K_B(A_2) = \frac{\sigma(A_2)}{V_2} = \frac{2,5}{6,25} = 0,40$$

$$K_B(A_3) = \frac{\sigma(A_3)}{V_3} = \frac{7,5}{56,25} = 0,13$$

Сведем полученные результаты, добавив нужные столбцы (таблица 4).

Таблица 4 - Матрица ожидаемого последствия — среднеквадратическое отклонение ожидаемого последствия и коэффициенты вариации

A	S₁	S₂	V	$\sigma(A_i)$	$K_B(A_i)$
A ₁	0	5	2,5	1,6	0,64
A ₂	5	0	2,5	2,5	0,40
A ₃	0	15	7,5	7,5	0,13
p	0,5	0,5	$\sum_{i=1}^n p_i$	-	

Наименьший коэффициент вариаций у альтернативы A_3 равный 0,13. Это значит, что среднее значение отклонений ожидаемой площади пожара составляет 13 % от средних значений площадей пожара для альтернатив A_3 [8].

У альтернативы A_2 данный показатель равен 40 %, а у A_1 составляет 64 %. Значит, альтернатива A_3 наименее рискованная из всех трех альтернатив. Учитывая, что и среднее значение ожидаемых площадей пожара у данной альтернативы выше, чем у A_1 и A_2 , делаем вывод, что альтернатива A_3 в рассматриваемых условиях дает наилучшее решающее направление на пожаре.

Вывод. В рассматриваемых условиях пожара РТП следует выбрать решающее направление A_3 , по прибытию дополнительных сил и средств направить их на A_2 и A_1 .

Список литературы

1. Кусаинов А. Б., Нарбаев К. А., Сакенов Р. Е. Выбор решающего направления на пожаре в условиях неопределенности // Наука и образование в гражданской защите. – 2023. – № 2 (50). – С. 32-42.
2. Бражко, Е. И. Управленческие решения: учебное пособие / Е. И. Бражко, Г. В. Серебрякова, Э. Л. Смирнов. – М.: РИОР, 2006. – 126 с.
3. Варфоломеев, В. И. Принятие управленческих решений: учебное пособие для вузов / В. И. Варфоломеев, С. Н. Воробьев. – М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2001. – 288 с.
4. Ларичев, О. И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных Странах: учебник / О.И. Ларичев. – М.: Логос, 2000. – 296 с.
5. Литвак, Б. Г. Разработка управленческого решения: учебник / Б. Г. Литвак. – М.: Дело, 2000. – 392 с.
6. Ломакин, А. Л. Управленческие решения: учебное пособие / А. Л. Ломакин. – М.: Форум - Инфра-М, 2005. – 192 с.
7. Бережная, Е. В. Методы и модели принятия управленческих решений: учебное пособие / Е. В. Бережная, В. И. Бережной. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 384 с.
8. Кузнецова, Н. В. Методы принятия управленческих решений: учебное пособие / Н. В. Кузнецова. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 222 с.
9. Сендеров, В. Л. Методы принятия управленческих решений: учеб. пособие / В. Л. Сендеров, Т. И. Юрченко, Ю. В. Воронцова, Е. Ю. Бровцина. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 227 с.
10. Строева, Е. В. Разработка управленческих решений: учебное пособие / Е. В. Строева, Е. В. Лаврова. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 128 с.

References

1. Kussainov A.B., Narbaev K. A., Sakenov R. E. Vybhor reshayushchego napravleniya na pozhare v usloviyah neopredelennosti // «Nauka i obrazovanie v grazhdanskoj zashchite». – Kokshetau: Akademiya grazhdanskoj zashchity imeni Malika Gabdullina MCHS Respubliki Kazahstan, 2023. № 2 (50). – S. 32-42.
2. Brazhko, E.I. Upravlencheskie resheniya: uchebnoe posobie / E. I. Brazhko, G. V. Serebryakova, E. L. Smirnov. – M.: RIOR, 2006. – 126 s.
3. Varfolomeev, V. I. Prinyatie upravlencheskih reshenij: uchebnoe posobie dlya vuzov / V. I. Varfolomeev, S. N. Vorob'yov. – M.: KUDIC-OBRAZ, 2001. – 288 s.
4. Larichev, O. I. Teoriya i metody prinyatiya reshenij, a takzhe Hronika sobytij v Volshebnyh Stranah: uchebnyk / O.I. Larichev. – M.: Logos, 2000. – 296 s.
5. Litvak, B. G. Razrabotka upravlencheskogo resheniya: uchebnyk / B. G. Litvak. – M.: Delo, 2000. – 392 s.

6. Lomakin, A. L. Upravlencheskie resheniya: uchebnoe posobie / A. L. Lomakin. – М.: Forum - Infra-M, 2005. – 192 s.
7. Berezhnaya, E. V. Metody i modeli prinyatiya upravlencheskih reshenij: uchebnoe posobie / E. V. Berezhnaya, V. I. Berezhnoj. – М.: NIC INFRA-M, 2014. – 384 s.
8. Kuznecova, N. V. Metody prinyatiya upravlencheskih reshenij: uchebnoe posobie / N. V. Kuznecova – М.: NIC INFRA-M, 2015. – 222 s.
9. Senderov, V.L. Metody prinyatiya upravlencheskih reshenij: ucheb. posobie / V. L. Senderov, T. I. Yurchenko, YU. V. Voroncova, E. YU. Brovcina. – М.: INFRA-M, 2016. – 227 s.
10. Stroeve, E. V. Razrabotka upravlencheskih reshenij: Uchebnoe posobie / E.V. Stroeve, E.V. Lavrova. – М.: NIC INFRA-M, 2014. – 128 s.

А. Б. Құсайынов¹, Қ. Ә. Нарбаев², Р. Е. Сақенов¹

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

²«Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті» КеАҚ, Көкшетау, Қазақстан

ӨРТ СӨНДІРУ БАСШЫСЫНЫҢ ШЕШУШІ БАҒЫТТЫ ТАҢДАУ ТӘУЕКЕЛІН БАҒАЛАУ

Аңдатпа. Шақыру орнына келгеннен кейін өрт сөндіру басшысы қысқа мерзімде өртті сөндіру мен авариялық-құтқару жұмыстарын жүргізу үшін шешуші бағытты таңдауы керек. Шешуші бағытты таңдау өрт сөндіруді ұйымдастыру қағидаларында белгіленген қағидаттар негізінде жүзеге асырылады. Алайда, өрт сөндіру басшысы тәуекел мен белгісіздік жағдайында шешуші бағытты таңдау жағдайына жиі ұшырайды. Қазіргі уақытта ғалымдар тәуекел мен белгісіздік жағдайында шешім қабылдаудың әртүрлі математикалық үлгілерін әзірледі. Бұл мақалада ойын теориясы мен ықтималдығының математикалық үлгілерін пайдалана отырып, тәуекел жағдайларында өртте шешуші бағытты таңдау әдістемесі көрсетілген.

Түйінді сөздер: шешуші бағыт, шешуші бағытты таңдау қағидаттары, тәуекел және белгісіздік жағдайында шешім қабылдау.

А. В. Kussainov¹, К. А. Narbayev², R. E. Sakenov¹

¹Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the MES of the Republic of Kazakhstan, Kokshetau, Kazakhstan

²NJSC «Kokshetau University named after Sh.Ualikhanov», Kokshetau, Kazakhstan

ASSESSMENT OF THE RISKINESS OF CHOOSING THE DECISIVE DIRECTION BY THE HEAD OF FIRE EXTINGUISHING

Abstract. Upon arrival at the place of call, the head of the fire extinguishing must take a decisive direction in the shortest possible time to localize the fire and conduct rescue operations. The choice of the decisive direction is carried out on the basis of the principles set forth in the Rules for the organization of fire extinguishing. However, it is not uncommon for the head of the fire extinguishing to be faced with a situation of choosing a decisive direction in the face of risk and uncertainty. Currently, scientists have developed various mathematical models of decision making under risk and uncertainty. In this article, using mathematical models of game theory and probability, the methodology for making a decisive direction in a fire under risk conditions is shown.

Key words: decisive direction, principles of taking a decisive direction, decision-making under risk and uncertainty.

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

Арман Болатұлы Құсайынов – техника ғылымдарының кандидаты, Қазақстан Республикасы ТЖМ Мәлік Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясының қашықтықтан оқыту факультетінің бастығы. Қазақстан, Көкшетау, Ақан Сері көшесі, 136. E-mail: arman_1703@mail.ru

Қалижан Әнуарбекұлы Нарбаев – PhD докторы, қауымдастырылған профессор (доцент), «Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті» КеАҚ «Тау-кен ісі, құрылыс және экология» кафедрасының профессор ассистенті. Қазақстан, Көкшетау, Абай көшесі Қуанышев көшесі 194. E-mail: Kalizhan76@mail.ru

Руслан Еркінұлы Сакенов – магистр, Қазақстан Республикасы Төтенше жағдайлар министрлігі Мәлік Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясының жедел-тактикалық пәндер кафедрасы бастығының орынбасары. Қазақстан, Көкшетау, Ақан Сері көшесі, 136. E-mail: ruslan.sakenov@bk.ru

Кусаинов Арман Булатович – кандидат технических наук, начальник факультета дистанционного обучения Академии гражданской защиты имени Малика Габдуллина МЧС Республики Казахстан. Казахстан, Кокшетау, ул. Акана Серэ, 136. E-mail: arman_1703@mail.ru

Нарбаев Калижан Ануарбекович – доктор PhD, ассоциированный профессор (доцент), ассистент профессора кафедры «Горное дело, строительства и экологии» НАО «Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова». Казахстан, Кокшетау, улица Куанышева 194. E-mail: Kalizhan76@mail.ru

Сакенов Руслан Еркинович – магистр, заместитель начальника кафедры оперативно-тактических дисциплин Академии гражданской защиты имени Малика Габдуллина МЧС Республики Казахстан. Казахстан, Кокшетау, ул. Акана Серэ, 136. E-mail: ruslan.sakenov@bk.ru

Arman B. Kussainov – candidate of Technical Sciences, Head of the Faculty of Distance Learning of the Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the MES of the Republic of Kazakhstan. Kazakhstan, Kokshetau, 136 Akana Sere str. E-mail: arman_1703@mail.ru

Kalizhan A. Narbayev – PhD, Associate Professor, Assistant Professor of the Department of "Mining, Construction and Ecology" NJSC "Kokshetau University named after Sh.Ualikhanov", Republic of Kazakhstan, Kokshetau, Kuanysheva street 194. E-mail: Kalizhan76@mail.ru

Ruslan E. Sakenov – master, Deputy Head of the Department of Operational and Tactical Disciplines of the Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the MES of the Republic of Kazakhstan. Kazakhstan, Kokshetau, 136 Akana Sere str. E-mail: ruslan.sakenov@bk.ru