УДК 005.53

Ж. Х. Хасенов[1], К. Ж. Раимбеков[2], К. А. Нарбаев[2]

[1]Академия гражданской защиты имени Малика Габдуллина МЧС Республики Казахстан, Кокшетау, Казахстан
[2]НАО «Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова»

ВЫБОР СЕРВИСНОЙ КОМПАНИИ ДЛЯ РЕМОНТА ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕОРИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Аннотация. В целях оперативного реагирования на различные деструктивные события (пожар, авария, чрезвычайная ситуация) территориальные подразделения уполномоченного органа в сфере гражданской защиты должны своевременно производить ремонт пожарной техники и оборудования. При решении данной задачи лицу принимающему решение необходмо выбрать наиболее рациональное решение в условиях определенности. В настоящее время учеными разработаны различные математические модели принятия решения в условиях определенности. В данной статье с применением математической теории игр показана методология принятия решения в условиях определенности. Выбор решающего направления осуществляется на основании метода динамического программирования сформулированного Р.Э. Беллманом принципа оптимальности.

Ключевые слова: принятие решений в условиях определенности, ремонт пожарной техники.

При осуществлении профессиональной деятельности территориальными подразделениями уполномоченного органа в сфере гражданской защиты часто приходится решать проблему своевременного ремонта пожарных автомобилей, техники, аварийно-спасательного оборудования и др.

В связи с чем, перед лицом принимающим решение (ЛПР) состоит задача в определении оптимальных затрат и сроков ремонта пожарной техники и оборудования для обеспечения гражданской защиты на соответствующей административно-территориальной единице [1].

В целях принятия управленческого решения по ремонту пожарной техники и оборудования вначале рассмотрим простейший случай, когда оценки привлекательности альтернатив по каждому критерию качественные и имеются экспертные оценки критериев по одной и той же (например, десятибалльной) шкале. Пусть имеется n альтернатив и k критериев. Обозначим U_{ij} - оценку i-й альтернативы по j-му критерию. Очевидно, что критерии имеют различную важность. Одни оказывают большее влияние на принятое в результате решение, другие меньшее. Назовем степень важности каждого критерия его весом. Пусть вес j-го критерия равен W_j. Вес критерия измеряется по любой пропорциональной шкале (например, от 0 до 1 или по десятибалльной или любой другой шкале). Веса критериев определяют либо эксперты, либо непосредственно ЛПР [2].

Если известны оценки альтернатив, веса критериев и если решается задача на максимизацию, то есть чем выше оценка альтернативы, тем она более

привлекательна, тогда для принятия оптимального решения необходимо определить функции полезности каждой альтернативы F_i по формуле [3]:

$$F_i = \sum_{j=1}^{k} U_{ij}\, W_j,\ i = 1,2, \dots n, \quad (1)$$

и принимается та альтернатива, для которой функция полезности будет максимальна. Если решается задача минимизации (чем меньше оценка альтернатив по критериям, тем привлекательнее альтернатива), то выбирается альтернатива с меньшей функцией полезности [2].

Например, территориальному подразделению гражданской защиты необходимо заключить договор с одной из четырех сервисных компаний *A*, *B*, *C* и *D* на ремонт пожарных машин.

Для выбора соответствующей компании определены несколько критериев. Одним из основных критериев является стоимость ремонта, гарантийные обязательства и другие расходы, назовем их «Финансовые затраты». Примем вес «Финансовых затрат» наибольшим и по единичной шкале оценив в W_1 = 0,8 [3].

Следующим критерием является надежность компании и ее репутация, вес которой составляет W_2 = 0,5. Также учитывается критерии «Быстрота реагирования», то, как поставлена система, как быстро проводится ремонт пожарных машин. Вес данного критерия составляет W_3 = 0,3 [4]. Оценки альтернатив по каждому критерию (чем выше, тем привлекательнее альтернатива) приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Оценки альтернатив по каждому критерию

Альтернативы	Оценки критериев (10-балльная шкала)		
	Финансовые затраты	Репутация	Быстрота реагирования
A	6	5	9
B	9	4	7
C	7	8	5
D	5	3	8

По формуле 1 рассчитываем функции полезности для каждой альтернативы:

$$F_A = 6 \cdot 0{,}8 + 5 \cdot 0{,}5 + 9 \cdot 0{,}3 = 10{,}0;$$

$$F_B = 9 \cdot 0{,}8 + 4 \cdot 0{,}5 + 7 \cdot 0{,}3 = 11{,}3;$$

$$F_C = 7 \cdot 0{,}8 + 8 \cdot 0{,}5 + 5 \cdot 0{,}3 = 11{,}1;$$

$$F_D = 5 \cdot 0{,}8 + 3 \cdot 0{,}5 + 8 \cdot 0{,}3 = 7{,}9.$$

Вывод. Установлено, что для второй альтернативы функция полезности максимальна, поэтому рациональнее всего ЛПР заключить договор с компанией *B*.

Далее рассмотрим ситуацию, когда возникает вопрос принятия управленческого решения, при отсутствии полной информации обо всех альтернативах по всем критериям.

Оценки привлекательности критериев и выбора веса их важности осуществляет ЛПР. Практических методов, согласно которым расставляются оценки критериев, на сегодняшний день существует достаточно большое количество. Наиболее простейшим из них является метод *жюри*, согласно которому ЛПР просто-напросто, в соответствии со своими знаниями, опытом и интуицией, расставляет баллы для каждой альтернативы по имеющемуся критерию по заданной шкале [5].

В практике не всегда можно точно и пропорционально оценить показатели привлекательности альтернатив, особенно при большом их числе. Гораздо проще бывает попарно сравнить все имеющиеся альтернативы по каждому критерию и оценить, насколько одна конкретная альтернатива привлекательнее другой. Такой метод экспертной оценки получил название метода аналитической иерархии. Рассмотрим его для случая n альтернатив, которые обозначим A_1, A_2, … A_n, и m критериев, обозначенные K_1, K_2, … K_m. Возьмем первый критерий K_1 и попарно сравним все альтернативы друг с другом по этому критерию. В результате получим матрицу сравнений $V_{ij}^{(1)}$, каждый элемент которой, в случае, если альтернатива A_i не менее предпочтительна, чем альтернатива A_j равен h. Если же альтернатива A_i не более предпочтительна чем альтернатива A_j, то соответствующий элемент матрицы (1) $V_{ij}^{(1)}$ равен $1/h$. Так же вычисляются матрицы сравнения $V_{ij}^{(k)}$, $k=1,2,\ldots, m$ для других критериев [6]. Введем, шкалу сравнений (таблица 2).

Таблица 2 – Шкала относительной важности парного сравнения альтернатив

Уровень важности	Степень предпочтительности h
Равная важность	1
Умеренное превосходство	3
Существенное превосходство	5
Значительное, большое превосходство	7
Очень большое превосходство	9

Также можно использовать четные целые числа, выражающие промежуточные уровни предпочтительности. Следует отметить, что ЛПР может использовать иные другие шкалы важности парных сравнений.

Сравнивая важности критериев, составляется матрица критериев, по которой можно определять их веса [7].

На следующем этапе вычисляются собственные векторы альтернатив по всех критериям. Для каждой i-й альтернативы по k-му критерию вычисляем элемент вектора $U_i^{(k)}$ который равен среднегеометрическому показателю матрицы сравнения для этой альтернативы (строки матрицы) [8]:

$$U_i^{(k)} = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^{n} V_{ij}^{(k)}} = \sqrt[n]{V_{i1}^{(k)} \cdot V_{i2}^{(k)} \cdot \ldots \cdot V_{in}^{(k)}} \qquad (2)$$

Такой же собственный вектор вычисляется и для матрицы сравнения критериев.

Далее в результате нормализации собственных векторов вычисляют веса альтернатив по каждому критерию и веса самих критериев. Вес *i*-й альтернативы по *k*-му критерию $W_i^{(k)}$ равен отношению соответствующего элемента собственного вектора к сумме всех элементов собственного вектора данного критерия [9]:

$$W_i^{(k)} = \frac{U_i^{(k)}}{\sum_{i=1}^{n} U_i^{(k)}} = \frac{U_i^{(k)}}{U_1^{(k)} + U_2^{(k)} + \ldots + U_n^{(k)}} \quad (3)$$

Также вычисляются и веса критериев, которые обозначим $W_{\text{крит}}^{(k)}$, k=1,2,…, m.

Имея оценки полезностей альтернатив по всем критериям и веса критериев можно вычислить функции полезности по каждой альтернативе и из их сравнения выбрать наилучшую альтернативу с максимальной функцией. Функция полезности *i*-й альтернативы вычисляется по формуле [10]:

$$F_i = \sum_{k=1}^{m} W_i^{(k)} \cdot W_{\text{крит}}^{(k)} = W_i^{(1)} \cdot W_{\text{крит}}^{(1)} + W_i^{(2)} \cdot W_{\text{крит}}^{(2)} + \ldots + W_i^{(m)} \cdot W_{\text{крит}}^{(m)} \quad (4)$$

Рассмотрим предыдущий пример. Так территориальному подразделению гражданской защиты необходимо заключить договор с одной из сервисных компаний на ремонт пожарных машин. Услуги по ремонту пожарных машин предлагают четыре компании, условно обозначим их *A*, *B*, *C* и *D*.

В качестве критериев при выборе компании выделяются три:

- K_1 – финансовые затраты;
- K_2 – репутация компании;
- K_3 – быстрота реагирования.

ЛПР по первому критерию о финансовых затратах сравнил альтернативы и решил, что *A* по сравнению с *B* имеет умеренное преимущество (балл 3), *A* по сравнению с *C* имеет значительное превосходство (балл 7) и *A* по сравнению с *D* – существенное превосходство (балл 5). Данные баллы заносим в первую строку таблицы 3. Сравнивая альтернативы *B* и *C*, ЛПР решил, что *B* имеет превосходство большее, чем умеренное и менее, чем существенное, поэтому в таблицу 3 на соответствующую позицию было решено записать балл 4. Альтернатива *B* по сравнению с *D* имеет умеренное превосходство, а *C* и *D* имеют равную важность [10]. Результаты сравнения приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Критерий «Финансовые затраты»

Альтернативы	*A*	*B*	*C*	*D*
A	1	3	7	5
B	1/3	1	4	3
C	1/7	1/4	1	1
D	1/5	1/3	1	1

ЛПР проведены такие же попарные сравнения по критериям K_2 и K_3. Результаты сравнения приведены в таблицах 4 и 5.

Таблица 4 - Критерий «Репутация компании»

Альтернативы	*A*	*B*	*C*	*D*
A	1	5	1/7	1/3
B	1/5	1	1/3	1/7
C	7	3	1	3
D	3	7	1/3	1

Таблица 5 - Критерий «Быстрота реагирования»

Альтернативы	*A*	*B*	*C*	*D*
A	1	3	1/3	1/7
B	1/3	1	1/3	1/5
C	3	3	1	1/2
D	7	5	2	1

На следующем этапе проводится сравнение важностей самих критериев. ЛПР считает самым важным первый критерий, он имеет умеренное превосходства над вторым и существенное над третьим. Второй критерий имеет умеренное превосходство над третьим [11]. В результате получаем матрицу (таблица 6).

Таблица 6 – Матрица сравнения критериев

Критерий	K_1	K_2	K_3
K_1	1	3	5
K_2	1/3	1	3
K_3	1/5	1/3	1

На третьем этапе по формуле (2) рассчитываются собственные вектора и веса альтернатив по каждому критерию. Для первого критерия «Финансовые затраты» собственный вектор альтернативы *A* равен [11]:

$$\sqrt[4]{1 \cdot 3 \cdot 7 \cdot 5} = 3{,}202$$

Для второй, третьей и четвертой альтернативы собственные вектора равны:

$$\sqrt[4]{{}^{1}/_{3} \cdot 1 \cdot 4 \cdot 3} = 1{,}414$$

$$\sqrt[4]{{}^{1}/_{7} \cdot {}^{1}/_{4} \cdot 1 \cdot 1} = 0{,}435$$

$$\sqrt[4]{{}^{1}/_{5} \cdot {}^{1}/_{3} \cdot 1 \cdot 1} = 0{,}508$$

Рассчитаем теперь веса альтернатив. Просуммируем элементы собственного вектора: 3,202 +1,414 + 0,435+ 0,508 = 5,559. Разделим каждый элемент собственного вектора на эту сумму, в результате получим нормализованные веса каждой альтернативы, а именно, для альтернативы *A*: 3,202/5,559=0,576, для других альтернатив, аналогично, 0,254, 0,078, 0,092. Следует отметить, что в сумме веса должны давать единицу [11]. Результаты расчетов приведены в таблице 7.

Таблица 7 - Критерий «Финансовые затраты»

Альтернативы	*A*	*B*	*C*	*D*	Собственный вектор	Вес
A	1	3	7	5	3,202	0,576
B	1/3	1	4	3	1,414	0,254
C	1/7	1/4	1	1	0,435	0,078
D	1/5	1/3	1	1	0,508	0,092
Σ					5,559	1,000

Аналогичные таблицы 8 и 9 составляем и для случая парного сравнения альтернатив по другим критериям.

Таблица 8 - Критерий «Репутация компании»

Альтернативы	*A*	*B*	*C*	*D*	Собственный вектор	Вес
A	1	5	1/7	1/3	0,699	0,128
B	1/5	1	1/3	1/7	0,312	0,057
C	7	3	1	3	2,817	0,517
D	3	7	1/3	1	1,627	0,298
Σ					5,452	1,000

Таблица 9 - Критерий «Быстрота реагирования»

Альтернативы	*A*	*B*	*C*	*D*	Собственный вектор	Вес
A	1	3	1/3	1/7	0,615	0,111
B	1/3	1	1/3	1/5	0,386	0,070
C	3	3	1	1/2	1,656	0,298
D	7	5	2	1	2,893	0,521
Σ					5,550	1,000

Далее рассчитываем собственные вектора и веса критериев. Отличием при вычислениях собственных векторов является то, что число критериев равно трем (а число альтернатив – четыре), поэтому из произведения парных оценок сравнений нужно брать корень третьей степени [11]. Например, для критерия K_1:

$$\sqrt[3]{1 \cdot 3 \cdot 5} = 2{,}466$$

Результаты расчетов приведены в таблице 10.

Таблица 10 - Собственные вектора и веса критериев

Критерий	K_1	K_2	K_3	Собственный вектор	Вес
K_1	1	3	5	2,466	0,637
K_2	1/3	1	3	1	0,258
K_3	1/5	1/3	1	0,405	0,105
Σ				3,871	1,000

На основании проведенных расчетов определим функции полезности для каждой альтернативы по формуле 4:

$$F_1 = 0{,}576 \cdot 0{,}637 + 0{,}128 \cdot 0{,}258 + 0{,}111 \cdot 0{,}105 = 0{,}412;$$

$$F_2 = 0{,}254 \cdot 0{,}637 + 0{,}057 \cdot 0{,}258 + 0{,}070 \cdot 0{,}105 = 0{,}184;$$

$$F_3 = 0{,}078 \cdot 0{,}637 + 0{,}517 \cdot 0{,}258 + 0{,}298 \cdot 0{,}105 = 0{,}214;$$

$$F_4 = 0{,}092 \cdot 0{,}637 + 0{,}298 \cdot 0{,}258 + 0{,}521 \cdot 0{,}105 = 0{,}190.$$

Вывод. Проведенное моделирование показало, что максимальная функция полезности соответствует альтернативе *A*, следовательно, ЛПР следует выбрать для ремонта пожарной техники данную компанию [12].

Применение теории принятия решений в условиях определенности позволяет определить наиболее альтернативную сервисную компанию для ремонта пожарной техники с учетом определенных критериев.

Список литературы

1. Силкина, Г. Ю. Теория принятия решений и управление рисками. Модели конфликтов, неопределенности, риска: Учеб. пособие. – СПб.: СПбГПУ, 2003. – 72 с.

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. Воробьёв. – 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.

11. Малыхин, В. И. Математические методы принятия решений: учебное пособие / В. И. Малыхин, С. И. Моисеев. – Воронеж: ВФ МГЭИ, 2009. – 102 с.

12. Кусаинов А. Б., Саменов Е. К., Акильжанова Д. Е. Математический анализ эффективности применения методики расчета ширины запретного района для объектов хранения боеприпасов // Наука и образование в гражданской защите. – Кокшетау, 2022. – № 1 (45). – С. 49-54.

References

1. Silkina, G. YU. Teoriya prinyatiya reshenij i upravlenie riskami. Modeli konfliktov, neopredelennosti, riska.: Ucheb. posobie. – SPb.: SPbGPU, 2003. – 72 s.

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: uchebnik / O. I. Larichev. – M.: Logos, 2000. – 296 s.

5. Litvak, B. G. Razrabotka upravlencheskogo resheniya: uchebnik / B. G. Litvak. – M: Delo, 2000. – 392 s.

6. Lomakin, A. L. Upravlencheskie resheniya: uchebnoe posobie / A. L. Lomakin. – M.: Forum - Infra-M, 2005. – 192 s.

7. Berezhnaya, E.V. Metody i modeli prinyatiya upravlencheskih reshenij: Uchebnoe posobie / E.V. Berezhnaya, V.I. Berezhnoj. - M.: NIC INFRA-M, 2014. - 384 s.

8. Kuznecova, N.V. Metody prinyatiya upravlencheskih reshenij: uchebnoe posobie / N.V.Kuznecova - M.: 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. – M.: INFRA-M, 2016. - 227 s.

10. Stroeva, E. V. Razrabotka upravlencheskih reshenij: Uchebnoe posobie / E.V. Stroeva, E.V. Lavrova. – M.: NIC INFRA-M, 2014. – 128 s.

11. Malyhin, V.I. Matematicheskie metody prinyatiya reshenij: uchebnoe posobie / V. I. Malyhin, S. I. Moiseev. – Voronezh: VF MGEI, 2009. – 102 s.

12. Kusainov A. B., Samenov E. K., Akil'zhanova D. E. Matematicheskij analiz effektivnosti primeneniya metodiki rascheta shiriny zapretnogo rajona dlya ob"ektov hraneniya boepripasov // Nauka i obrazovanie v grazhdanskoj zashchite. – Kokshetau, 2022. – № 1 (45). – S. 49-54.

Ж. Х. Хасенов[1], К. Ж. Раимбеков[2], Қ. Ә. Нарбаев[2]

[1]*Қазақстан Республикасы ТЖМ Мәлік Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясы, Көкшетау, Қазақстан*
[2] *«Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті» КеАҚ*

АНЫҚТЫЛЫҚ ЖАҒДАЙЫНДА ШЕШІМ ҚАБЫЛДАУ ТЕОРИЯСЫН ПАЙДАЛАНЫП ӨРТ ТЕХНИКАЛАРЫН ЖӨНДЕУ ҮШІН ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ КОМПАНИЯСЫН ТАҢДАУ

Аңдатпа. Әртүрлі бүлдіргіш оқиғаларға (өрт, авария, төтенше жағдайлар) жедел әрекет ету мақсатында азаматтық қорғау саласындағы уәкілетті органның аумақтық бөлімшелері өрт сөндіру техникасы мен жабдықтарын уақтылы жөндеуге міндетті. Бұл мәселені шешу кезінде шешім қабылдаушы анықтылық жағдайында ең ұтымды шешімді таңдауы керек. Қазіргі уақытта ғалымдар сенімділік жағдайында шешім қабылдаудың әртүрлі математикалық модельдерін әзірледі. Бұл мақалада анықтылық жағдайында шешім қабылдау әдістемесін көрсету үшін математикалық ойын теориясы қолданылады. Шешуші бағытты таңдау Р.Е. Беллманның тұжырымдаған оңтайлылық принципі динамикалық бағдарламалау әдісінің негізінде жүзеге асырылады.

Түйінді сөздер: анықтылық жағдайында шешім қабылдау, өрт техникасын жөндеу.

Zh. Kh. Khassenov[1], K. Zh. Raimbekov[2], K. A. Narbayev[2]

[1]*Civil Defence Academy named after Malik Gabdullin MES of the Republik of Kazakhstan, Kokshetau, Kazakhstan*
[2]*NJSC «Kokshetau University named after Sh. Ualikhanov»*

SELECTION OF A SERVICE COMPANY FOR REPAIR OF FIRE EQUIPMENT USING THE THEORY OF DECISION MAKING UNDER CONDITIONS OF CERTAINTY

Abstract. In order to promptly respond to various destructive events (fire, accident, emergency), the territorial divisions of the authorized body in the field of civil protection must timely repair firefighting equipment and equipment. When solving this problem, the decision maker must choose the most rational solution under conditions of certainty. Currently, scientists have developed various mathematical models of decision-making under conditions of certainty. This article uses mathematical game theory to demonstrate the methodology of decision-making under conditions of certainty. The choice of the decisive direction is carried out on the basis of the dynamic programming method formulated by R.E. Bellman's principle of optimality.

Keywords: decision-making under conditions of certainty, repair of fire equipment.

Сведения об авторах / Information about the authors

Хасенов Жумабек Хасенович – временно исполняющий обязанности начальника Академии гражданской защиты имени Малика Габдуллина МЧС Республики Казахстан. Казахстан, Кокшетау, улица Акана Серэ, 136. E-mail: academy@emer.kz

Раимбеков Кендебай Жанабилович – кандидат физико-математических наук, ассоциированный профессор (доцент), ассистент профессора кафедры «Информационно-коммуникационных технологий» НАО «Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова». Казахстан, Кокшетау, ул. Куанышева 170 а. E-mail: kendebai_63@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 170 а. E-mail: Kalizhan76@mail.ru

Zhumabek Kh. Khassenov – Acting Head of the Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan. 136 Akan Sere Street, Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: academy@emer.kz

Kendebay Zh. Raimbekov – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, assistant Professor of the Department of «Information and Communication Technologies» NJSC «Kokshetau University named after Sh. Ualikhanov». 170 a Kuanysheva street, Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: kendebai_63@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". 170 a Kuanysheva street, Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: Kalizhan76@mail.ru