

Лев Соломонович МАЗЕЛИС<sup>1</sup>  
Константин Сергеевич СОЛОДУХИН<sup>2</sup>  
Кирилл Игоревич ЛАВРЕНЮК<sup>3</sup>

УДК 65.01

## **НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ АНАЛИЗА РИСКОВ РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ СТЕЙКХОЛДЕРСКОГО ПОДХОДА\***

<sup>1</sup> доктор экономических наук,  
заведующий кафедрой математики и моделирования,  
Владивостокский государственный университет экономики и сервиса  
lev.mazelis@vvsu.ru

<sup>2</sup> доктор экономических наук,  
профессор кафедры математики и моделирования,  
Владивостокский государственный университет экономики и сервиса  
k.solodukhin@mail.ru

<sup>3</sup> старший преподаватель кафедры математики и моделирования,  
Владивостокский государственный университет экономики и сервиса  
kirill.lavrenyuk@vvsu.ru

### **Аннотация**

Статья посвящена разработке метода количественного анализа рисков развития социально-экономической системы, позволяющего оценивать влияние внешних факторов системы на основные показатели ее развития с учетом внутренних факторов, интересов заинтересованных сторон и существующих неопределенностей. Предлагаемый метод базируется на нечеткой «стейкхолдерской» модели SWOT. Для моделирования неопределенностей предлагается использовать нечетко-множественный подход, по-

---

\* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 15-32-01027).

---

**Цитирование:** Мазелис Л. С. Нечеткая модель анализа рисков развития социально-экономической системы на основе стейкхолдерского подхода / Л. С. Мазелис, К. С. Солодухин, К. И. Лавренюк // Вестник Тюменского государственного университета. Социально-экономические и правовые исследования. 2017. Том 3. № 3. С. 242-260.  
DOI: 10.21684/2411-7897-2017-3-3-242-260

---

звolyющий учесть размытость экспертной информации, а также неточность информации об изменениях внешней среды системы и взаимоотношениях со стейкхолдерами. Осуществлена апробация метода на примере социально-экономического развития Владивостокского городского округа. Для муниципального образования выделены и нечетко оценены 35 факторов внутренней среды, 18 факторов внешней и 11 показателей социально-экономического развития. Для внешних факторов рассчитаны нечеткие поправочные коэффициенты, характеризующие способность сильных и слабых сторон корректировать силу воздействия возможностей и угроз. Рассчитаны нечеткие степени риска недостижения целевых значений показателей. Оценена рискoвость развития городского округа для трех основных групп заинтересованных сторон («Население», «Государство» и «Бизнес») при различных уровнях принятия риска.

#### **Ключевые слова**

Анализ рисков, нечеткий метод SWOT, нечетко-множественный подход, стейкхолдерский подход, социально-экономическое развитие муниципального образования.

**DOI: 10.21684/2411-7897-2017-3-3-242-260**

#### **Введение**

В настоящее время одним из основных индикаторов устойчивого развития социально-экономической системы является ее способность реагировать на воздействия внешней среды. В зависимости от рассматриваемого горизонта планирования существуют различные факторы, оказывающие непосредственное влияние на основные показатели функционирования системы.

Система нивелирования рисков является важнейшим элементом стратегического управления большинством социально-экономических систем. Для большинства систем способность устанавливать и поддерживать отношения с широким кругом заинтересованных сторон является одним из основных условий существования, что приводит к необходимости оценивать влияние рисков на отношения со стейкхолдерами с учетом имеющихся неопределенностей.

В последние годы активно разрабатываются методы стратегического управления социально-экономическими системами, придерживающимися стейкхолдерского менеджмента как дискретной институциональной альтернативы, однако методы управления рисками, влияющими на отношения с заинтересованными сторонами, практически отсутствуют.

Ранее авторами были разработаны количественные методы анализа рисков развития региональных социально-экономических систем, в том числе с позиций стейкхолдерского подхода, в четкой постановке [1, 2]. Данные методы подразумевают широкое использование экспертных оценок, отражающих, в том числе субъективные представления и ощущения экспертов. В этой связи представляется перспективным использование нечетко-множественных методов, которые позволили бы учесть размытость исходной информации и ответов экспертов, а также иные неопределенности, связанные с изменчивостью внешней среды социально-экономической системы и взаимоотношений со стейкхолдерами.

### **Анализ литературных данных**

В основе предложенных ранее авторами методов анализа рисков развития региональных социально-экономических систем лежит количественный «стейкхолдерский» метод SWOT, позволяющий оценивать взаимосвязь факторов внутренней и внешней среды по отношению к различным группам заинтересованных сторон [4]. В работе [3] была предложена нечеткая модификация данного метода.

В свою очередь, в литературе можно встретить и другие работы, посвященные методу SWOT в нечеткой постановке.

Например, в работе [6] предложена модификация метода SWOT, где степень принадлежности фактора внутренней (внешней среды) к сильной или слабой стороне (возможности или угрозе) задается в виде нечеткого треугольного числа. Для каждой пары (внутренний фактор — внешний фактор) строится пирамида посредством пересечения треугольных оценок принадлежности факторов. Далее, в зависимости от выбранного альфа-уровня рассчитываются отношения площади основания, относящегося к тому или иному полю сопоставления факторов, к общей площади основания. На основании полученных долей осуществляется формирование стратегии развития организации.

В работе [7] предложена модификация метода SWOT, где каждая характеристика (сильные и слабые стороны, возможности и угрозы) оценивается количественно по двум параметрам: лямбда-мера Саджено (для определения агрегированной важности характеристик) и нечеткий интеграл Шоке (для общей оценки характеристик). На основании нечеткого интеграла Шоке делается вывод о выраженности характеристик социально-экономической системы.

В работе [9] предложена модификация метода SWOT, базирующаяся на нечетком методе TOPSIS и позволяющая осуществлять выбор стратегии развития социально-экономической системы. При этом выбор стратегии зависит от влияния различных стратегий на изменение факторов внутренней и внешней среды с учетом их важностей, которые задаются экспертами в виде лингвистических переменных.

В работе [14] предложен количественный метод SWOT, основанный на методологии нечетких аналитических сетевых процессов. Данный метод включает взаимозависимости между факторами SWOT-анализа и позволяет учесть неопределенности, возникающие в результате экспертного оценивания.

Также можно отметить и другие работы [5, 8, 10-13], где предложены нечеткие модификации метода SWOT для различных целей.

В рамках данных методов осуществляется оценка взаимовлияния внутренних и внешних факторов системы с последующим выбором стратегии ее развития. Однако при этом не учитывается влияние факторов внешней среды на основные показатели развития системы с учетом внутренних факторов, а также интересов всех заинтересованных сторон. В результате лицо принимающее решение не обладает количественной информацией о рисках недостижения целевых значений показателей и, соответственно, не имеет возможности раз-

работать комплекс антирисковых мероприятий по отношению к каждому отдельному стейкхолдеру.

Целью данного исследования является разработка нечеткого метода анализа рисков развития социально-экономических систем с учетом интересов групп заинтересованных сторон.

### **Нечеткий количественный SWOT-анализ рисков развития социально-экономической системы на основе стейкхолдерского подхода**

На первом шаге осуществляется исследование внутренней среды системы, в том числе выделение и оценка сильных и слабых сторон. В качестве количественной оценки используется показатель воплощения  $i$ -го фактора  $N_i, i = 1, \dots, I$  (где  $i = 1, \dots, n$  — сильные стороны;  $i = (n + 1), \dots, I$  — слабые стороны), определяющийся на основании экспертного опроса. Для определения значений данных показателей воспользуемся вербальными оценками. Так, для лингвистической переменной  $Y_1 = \langle \text{выраженность сильной (слабой) стороны социально-экономической системы} \rangle$  терм-множество можно записать следующим образом  $V(Y_1) = \{\text{очень слабая; слабая; ниже среднего; средняя; выше среднего; сильная; очень сильная}\}$ . Функции принадлежности задаются в виде трапециевидных нечетких чисел:

- $W(\text{очень слабая}) = \{0; 0; 0,5; 1\}$ ;
- $W(\text{слабая}) = \{0,5; 1; 1; 1,5\}$ ;
- $W(\text{ниже среднего}) = \{1; 1,5; 1,5; 2\}$ ;
- $W(\text{средняя}) = \{1,5; 2; 3; 3,5\}$ ;
- $W(\text{выше среднего}) = \{3; 3,5; 3,5; 4\}$ ;
- $W(\text{сильная}) = \{3,5; 4; 4; 4,5\}$ ;
- $W(\text{очень сильная}) = \{4; 4,5; 5; 5\}$ .

На втором шаге осуществляется исследование внешней среды системы, в том числе выделение и оценка возможностей и угроз. В качестве количественной оценки используется вероятность появления  $j$ -го фактора  $P_j, j = 1, \dots, J$  (где  $j = 1, \dots, t$  — возможности;  $j = (t + 1), \dots, J$  — угрозы), определяющаяся на основании экспертного опроса. Для определения значений данного показателя воспользуемся вербальными оценками. Введем лингвистическую переменную  $Y_2 = \langle \text{вероятность наступления возможности (угрозы)} \rangle$ , терм-множества которой можно записать следующим образом  $V(Y_2) = \{\text{очень низкая; низкая; ниже среднего; средняя; выше среднего; высокая; очень высокая}\}$ . Функции принадлежности задаются в виде трапециевидных нечетких чисел:

- $W(\text{очень низкая}) = \{0; 0; 0,1; 0,3\}$ ;
- $W(\text{низкая}) = \{0,1; 0,3; 0,3; 0,4\}$ ;
- $W(\text{ниже среднего}) = \{0,3; 0,4; 0,4; 0,5\}$ ;
- $W(\text{средняя}) = \{0,4; 0,5; 0,5; 0,6\}$ ;
- $W(\text{выше среднего}) = \{0,5; 0,6; 0,6; 0,7\}$ ;
- $W(\text{высокая}) = \{0,6; 0,7; 0,7; 0,9\}$ ;
- $W(\text{очень высокая}) = \{0,7; 0,9; 1; 1\}$ .

На третьем шаге сопоставляются факторы внутренней и внешней среды. В качестве количественной оценки используется показатель возможности системы за счет  $i$ -й сильной стороны воспользоваться  $j$ -й возможностью или противостоять  $j$ -й угрозе или, соответственно, способности  $i$ -й слабой стороны препятствовать реализации  $j$ -й возможности или повышать негативные последствия  $j$ -й угрозы  $\alpha_{ij}$ . Для определения значений данных показателей воспользуемся вербальными оценками. Так, для лингвистической переменной  $Y_3 = \langle \text{влияние, характеризующее способность системы за счет конкретной сильной стороны воспользоваться конкретной возможностью (противостоять угрозе) или, соответственно, за счет слабой стороны препятствовать реализации возможности (повышать негативные последствия угрозы)} \rangle$  терм-множество можно записать следующим образом  $V(Y_3) = \{\text{очень слабое; слабое; ниже среднего; среднее; выше среднего; сильное; очень сильное}\}$ . Функции принадлежности задаются в виде трапециевидных нечетких чисел:

$$W(\text{очень слабое}) = \{0; 0; 0,1; 0,2\};$$

$$W(\text{слабое}) = \{0,1; 0,2; 0,2; 0,3\};$$

$$W(\text{ниже среднего}) = \{0,2; 0,3; 0,3; 0,4\};$$

$$W(\text{среднее}) = \{0,3; 0,4; 0,6; 0,7\};$$

$$W(\text{выше среднего}) = \{0,6; 0,7; 0,7; 0,8\};$$

$$W(\text{сильное}) = \{0,7; 0,8; 0,8; 0,9\};$$

$$W(\text{очень сильное}) = \{0,8; 0,9; 1; 1\}.$$

Эксперты вербально определяют значения показателей, полученные оценки вносятся в следующую форму (таблица 1).

Таблица 1

**Форма для работы экспертов по анализу сочетаний факторов внешней и внутренней среды**

Table 1

**Form for the work of experts on the combinations analysis of external and internal factors**

Внутренний фактор	$N_i$	Возможности			Угрозы		
		1	...	$m$	$(m+1)$	...	$J$
$P_j$		$P_1$	...	$P_m$	$P_{m+1}$	...	$P_J$
Сильные стороны							
1	$N_1$	$a_{11}$	...	$a_{1m}$	$a_{1(m+1)}$	...	$a_{1J}$
...	...	...	...	...	...	...	...
$n$	$N_n$	$a_{n1}$	...	$a_{nm}$	$a_{n(m+1)}$	...	$a_{nJ}$
Слабые стороны							
$n+1$	$N_{n+1}$	$a_{(n+1)1}$	...	$a_{(n+1)m}$	$a_{(n+1)(m+1)}$	...	$a_{(n+1)J}$
...	...	...	...	...	...	...	...
$I$	$N_I$	$a_{I1}$	...	$a_{Im}$	$a_{I(m+1)}$	...	$a_{IJ}$

Введем лингвистическую переменную  $Y_4 = \langle \text{уровень компетенций респондента по данному вопросу} \rangle$ , терм-множество которой можно записать следующим образом  $V(Y_4) = \{ \text{уровень не позволяет ответить; уровень интуитивного представления; уровень логического обоснования; уровень практического или теоретического знания; уровень практического и теоретического знания; респондент является экспертом} \}$ . Функции принадлежности задаются в виде трапециевидных нечетких чисел следующим образом:

$$\begin{aligned} W(\text{уровень не позволяет ответить}) &= \{0; 0; 1; 2\}; \\ W(\text{уровень интуитивного представления}) &= \{1; 2; 2; 3\}; \\ W(\text{уровень логического обоснования}) &= \{2; 3; 3; 4\}; \\ W(\text{уровень практического / теоретического знания}) &= \{3; 4; 6; 7\}; \\ W(\text{уровень практического и теоретического знания}) &= \{6; 7; 7; 8\}; \\ W(\text{респондент является экспертом}) &= \{7; 8; 9; 9\}. \end{aligned}$$

Для консолидации мнений экспертов при ответе на вопрос воспользуемся следующей формулой:

$$b^* = \sum_{q=1}^Q \left( \frac{b^q \cdot c^q}{\sum_{q=1}^Q c^q} \right), \quad (1)$$

где  $b_q$  — оценка  $q$ -м респондентом значения показателя  $b$ ;  $c_q$  — оценка уровня компетенций  $q$ -го респондента при оценке значения показателя  $c$ ;  $Q$  — количество опрашиваемых респондентов.

Отметим, что используются следующие правила сложения, вычитания, умножения и частного для нечетких трапециевидных чисел:

$$\begin{aligned} \{a_1; a_2; a_3; a_4\} + \{b_1; b_2; b_3; b_4\} &= \{a_1 + b_1; a_2 + b_2; a_3 + b_3; a_4 + b_4\}, \\ \{a_1; a_2; a_3; a_4\} - \{b_1; b_2; b_3; b_4\} &= \{a_1 - b_4; a_2 - b_3; a_3 - b_2; a_4 - b_1\}, \\ \{a_1; a_2; a_3; a_4\} \cdot \{b_1; b_2; b_3; b_4\} &= \{a_1 \cdot b_1; a_2 \cdot b_2; a_3 \cdot b_3; a_4 \cdot b_4\}, \\ \{a_1; a_2; a_3; a_4\} \div \{b_1; b_2; b_3; b_4\} &= \{a_1 \div b_4; a_2 \div b_3; a_3 \div b_2; a_4 \div b_1\}. \end{aligned}$$

Затем осуществляется преобразование экспертных оценок  $\alpha_{ij}$  в показатели  $A_{ij}$  по следующей формуле:

$$A_{ij} = \alpha_{ij} \cdot P_j \cdot N_i. \quad (2)$$

Далее находится оценка реализации возможностей и угроз по следующей формуле:

$$\bar{Y}_j = \sum_{i=1}^n A_{ij} - \sum_{i=n+1}^l A_{ij}. \quad (3)$$

На четвертом шаге осуществляется сопоставление факторов внешней среды и показателей развития социально-экономической системы. Стоит отметить, что показатели и их целевые значения берутся из основных стратегических документов рассматриваемой системы. В качестве количественных оценок используются следующие показатели: значение  $l$ -го показателя в начальный момент времени  $U_l(0)$ ,  $l = 1, \dots, L$ ; целевое значение  $l$ -го показателя в момент времени  $t = 1$   $\bar{U}_l$ ; поправочный коэффициент силы влияния  $j$ -го фактора внешней среды  $W_j$ ; изменение значения  $l$ -го показателя за счет наступления  $j$ -го фактора внешней среды  $\Delta U_{lj}$ , определяющееся на основании экспертного опроса.

Поправочный коэффициент  $W_j$  определяется по следующей формуле:

$$W_j = \begin{cases} 1 + \frac{1}{5} \left( \frac{\bar{Y}_j^1}{m_1} + \frac{\bar{Y}_j^2}{m_2} \right), j \in [1; n], \\ 1 - \frac{1}{5} \left( \frac{\bar{Y}_j^1}{m_1} + \frac{\bar{Y}_j^2}{m_2} \right), j \in [n + 1; J], \end{cases} \quad (4)$$

где  $\bar{Y}_j^1$  — нечеткое число, полученное отсечением от нечеткого числа  $\bar{Y}_j$  отрицательной части;  $\bar{Y}_j^2$  — нечеткое число, полученное отсечением от нечеткого числа  $\bar{Y}_j$  положительной части;  $m_1$  — количество возможностей при развитии системы;  $m_2$  — количество угроз при развитии системы.

Изменение значений показателей в результате наступления некоторого фактора внешней среды может быть определено по следующей формуле:

$$\Delta U_{lj} = \begin{cases} Z_{lj} \cdot U_l(0), j \in [1; n], \\ -Z_{lj} \cdot U_l(0), j \in [n + 1; J], \end{cases} \quad (5)$$

где  $Z_{lj}$  — влияние  $j$ -го фактора внешней среды на  $l$ -й показатель развития системы, задающееся вербальной оценкой. Для лингвистической переменной  $Y_5 = \langle \text{влияние возможности (угрозы) на показатель развития социально-экономической системы} \rangle$  терм-множество можно записать следующим образом  $V(Y_5) = \{ \text{очень слабое; слабое; ниже среднего; среднее; выше среднего; сильное; очень сильное} \}$ . Функции принадлежности, задаются в виде трапецевидных нечетких чисел:

$$\begin{aligned} W(\text{очень слабое}) &= \{0; 0; 0,05; 0,1\}; \\ W(\text{слабое}) &= \{0,05; 0,1; 0,1; 0,15\}; \\ W(\text{ниже среднего}) &= \{0,1; 0,15; 0,15; 0,2\}; \\ W(\text{среднее}) &= \{0,15; 0,2; 0,3; 0,35\}; \\ W(\text{выше среднего}) &= \{0,3; 0,35; 0,35; 0,4\}; \\ W(\text{сильное}) &= \{0,35; 0,4; 0,4; 0,45\}; \\ W(\text{очень сильное}) &= \{0,4; 0,45; 0,5; 0,5\}. \end{aligned}$$

Отметим, что по результатам индивидуального экспертного опроса оценки  $Z_{lj}$  консолидируются по формуле (1).

Для вычисления значений показателей развития системы в момент времени  $t = 1$   $U_l(1)$  воспользуемся следующей формулой:

$$U_l(1) = U_l(0) + \sum_{j=1}^J \Delta U_{lj} \cdot W_j. \quad (6)$$

На пятом (заключительном) шаге осуществляется оценка рисковости развития системы на основе показателей: интегральный показатель рисковости развития системы для  $r$ -й группы стейкхолдеров  $Z_r$ ; степени риска недостижения целевого значения  $l$ -го показателя развития системы в момент времени  $t = 1$   $R_l$ .

Степень риска недостижения целевого значения показателя развития системы определяется по следующей формуле:

$$R_l = \frac{S_l^{\text{риска}}}{S_l^{\text{общая}}}, \quad (7)$$

где  $S_l^{\text{риска}}$  — площадь фигуры, ограниченной сверху функцией принадлежности и альфа-уровнем трапециевидного нечеткого числа, а справа целевым значением (если для развития системы необходимо сокращение значения показателя, то ограничено слева целевым значением);  $S_l^{\text{общая}}$  — общая площадь фигуры, ограниченной сверху функцией принадлежности и альфа-уровнем трапециевидного нечеткого числа.

Интегральный показатель  $Z_r$  определяется по следующей формуле:

$$Z_r = \sum_{l=1}^L V_l^r \cdot R_l, \quad (8)$$

где  $V_l^r$  — коэффициент важности  $l$ -го показателя для  $r$ -й группы заинтересованных сторон.

Для определения значений  $V_l^r$  воспользуемся вербальными оценками. Так, для лингвистической переменной  $Y_6 = \langle \text{важность показателя для группы заинтересованных сторон} \rangle$  терм-множество можно записать следующим образом  $V(Y_6) = \{\text{очень низкая; низкая; ниже среднего; средняя; выше среднего; высокая; очень высокая}\}$ . Функции принадлежности, задаются в виде трапециевидных нечетких чисел:

- $W(\text{очень низкая}) = \{0; 0; 0,1; 0,2\}$ ;
- $W(\text{низкая}) = \{0,1; 0,2; 0,2; 0,3\}$ ;
- $W(\text{ниже среднего}) = \{0,2; 0,3; 0,3; 0,4\}$ ;
- $W(\text{средняя}) = \{0,3; 0,4; 0,6; 0,7\}$ ;
- $W(\text{выше среднего}) = \{0,6; 0,7; 0,7; 0,8\}$ ;
- $W(\text{высокая}) = \{0,7; 0,8; 0,8; 0,9\}$ ;
- $W(\text{очень высокая}) = \{0,8; 0,9; 1; 1\}$ .

Для определения значения  $V_l^r$  произведем нормировку коэффициентов следующим образом: коэффициент важности  $l$ -го показателя для  $r$ -й группы заинтересованных сторон разделим на сумму всех коэффициентов важности показателей для  $r$ -й группы стейкхолдеров.

Далее, рассчитываются степени принадлежности найденных интегральных показателей к той или иной рискованной ситуации развития социально-экономической системы. Для этого вводятся следующие интервалы, характеризующие рискованность развития системы для  $r$ -го стейкхолдера:

- $[0; 0,2)$  — благоприятная ситуация для развития системы;
- $[0,2; 0,4)$  — слаборискованная ситуация для развития системы;
- $[0,4; 0,6)$  — среднерискованная ситуация для развития системы;
- $[0,6; 0,8)$  — высокорискованная ситуация для развития системы;
- $[0,8; 1]$  — критическая ситуация для развития системы.

В силу того, что интегральный показатель является нечетким числом, для отнесения его к каждому из заданных интервалов необходимо задание числовой характеристики, отражающей степень уверенности. Для этой цели можно использовать коэффициент соответствия показателя тому или иному интервалу. Данные коэффициенты представляют собой площади частей трапеции, попадающих в каждую из полос, ограниченных справа и слева прямыми  $x = 0$ ,  $x = 0,2$ ,  $x = 0,4$ ,  $x = 0,6$ ,  $x = 0,8$ ,  $x = 1$  (рис. 1).

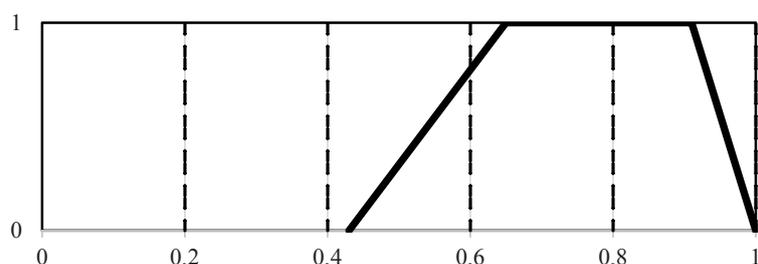


Рис. 1. Нахождение степеней принадлежности интегрального показателя к той или иной рискованной ситуации

Fig. 1. Finding the degrees of belonging of an integral indicator to a particular risk situation

Отметим, что риск недостижения целевого значения показателя и рисковость развития социально-экономической системы можно определять в зависимости от выбранного альфа-уровня. Выбор альфа-уровня зависит от уровня принятия риска лицом принимающим решение.

На следующем этапе формируется набор возможных антирисковых мероприятий. Требования к таким мероприятиям описаны в работе [1]. Отметим, что определенный портфель антирисковых мероприятий приведет к изменению (корректировке) факторов внутренней среды системы в будущем, а следовательно, и к корректировке степени противодействия системы факторам внешней среды. В связи с этим, возникает динамический процесс внутри системы, что приводит к возможности постановки оптимизационной задачи по определению оптимального портфеля мероприятий и продолжению исследований в рамках данной проблемы.

### Оценка рисков развития Владивостокского городского округа

С помощью приведенной методики проведен анализ рисков Владивостокского городского округа (далее ВГО). На первом шаге выделены и оценены факторы внутренней среды (сильные и слабые стороны) ВГО. Отметим, что было выделено 20 сильных сторон ВГО и 15 слабых. Фрагмент полученных результатов представлен в таблице 2.

Далее осуществляются выделение и оценка факторов внешней среды (возможностей и угроз) ВГО. Отметим, что было выделено 8 возможностей и 9 угроз ВГО. Фрагмент полученных результатов представлен в таблице 3.

Далее осуществляется переход к третьему шагу, на котором происходит сопоставление факторов внутренней и внешней среды. Отметим, что в статье сопоставительная матрица не приводится ввиду ее громоздкости.

Затем осуществляется преобразование полученных экспертных оценок в показатели  $A_{ij}$  по формуле (2) и определение оценок реализации возможностей и угроз  $\bar{Y}_j$  по формуле (3). Так, например, для возможности «Успешное функционирование на территории Приморского края Свободного порта Владивосток» данная оценка составляет  $\{-10,8; -3,6; 15,4; 33,5\}$ , а для угрозы «Негативная миграционная подвижность населения» —  $\{-17,5; -0,7; 15,1; 43,2\}$ .

На четвертом шаге по формуле (4) рассчитываются поправочные коэффициенты  $W_j$ . Так, например, для возможности «Успешное функционирование на территории Приморского края Свободного порта Владивосток» данный коэффициент составляет  $\{0,87; 0,95; 1,17; 1,33\}$ , а для угрозы «Негативная миграционная подвижность населения» —  $\{0,56; 0,84; 1,03; 1,23\}$ .

В качестве показателей социально-экономического развития системы используются агрегированные показатели развития ВГО, представленные в Стратегии и стратегическом плане развития Владивостока до 2020 г., за 2016 г.:

- численность населения (среднегодовая)  $U_1(0) = 633,28$  тыс. чел.;
- объем работ, выполненных по виду экономической деятельности «Строительство» по крупным и средним организациям  $U_2(0) = 5\,811,4$  млн руб.;
- ввод в эксплуатацию жилых домов  $U_3(0) = 209,6$  тыс. кв. м общей площади;
- оборот розничной торговли по крупным и средним организациям  $U_4(0) = 64\,881,1$  млн руб.;

Таблица 2

**Внутренние факторы ВГО**

Table 2

**Internal factors of Vladivostok**

Наименование фактора	Вербальная оценка воплощения	Нечеткая оценка воплощения
Сильные стороны		
Наличие широкого спектра университетов	Выше среднего	$\{3; 3,5; 3,5; 4\}$
Имидж «города фестивалей»	Средняя	$\{1,5; 2; 3; 3,5\}$
Наличие консульств иностранных государств	Выше среднего	$\{3; 3,5; 3,5; 4\}$
Благоприятные климатические условия	Сильная	$\{3,5; 4; 4; 4,5\}$
Широкий спектр вакансий на рынке труда	Средняя	$\{1,5; 2; 3; 3,5\}$
Ежегодное проведение Восточного экономического форума	Сильная	$\{3,5; 4; 4; 4,5\}$
...	...	...
Слабые стороны		
Напряженный автомобильный трафик в часы пик	Слабая	$\{0,5; 1; 1; 1,5\}$
Низкий темп прироста номинальной заработной платы	Средняя	$\{1,5; 2; 3; 3,5\}$
Низкое качество дорожного покрытия	Выше среднего	$\{3; 3,5; 3,5; 4\}$
Высокий общий уровень безработицы	Слабая	$\{0,5; 1; 1; 1,5\}$
Сложность оформления земельных участков	Средняя	$\{1,5; 2; 3; 3,5\}$
...	...	...

— оборот общественного питания по крупным и средним организациям  $U_5(0) = 1\,319,4$  млн руб.;

— объем платных услуг населению по крупным и средним организациям  $U_6(0) = 49\,079,7$  млн руб.;

— среднемесячная номинальная начисленная заработная плата в целом по ВГО по крупным и средним организациям  $U_7(0) = 48,67$  тыс. руб.;

— численность безработных, зарегистрированных в государственных учреждениях службы занятости населения (на конец года)  $U_8(0) = 1,28$  тыс. чел.;

— объем инвестиций в основной капитал за счет всех источников финансирования (без субъектов малого предпринимательства и объемов инвестиций, не наблюдаемых прямыми статистическими методами)  $U_9(0) = 44\,382,1$  млн руб.;

— экспорт товаров  $U_{10}(0) = 527,87$  млн долл.;

— импорт товаров  $U_{11}(0) = 1\,611,01$  млн долл.

Таблица 3

## Внешние факторы ВГО

Table 3

## External factors of Vladivostok

Наименование фактора	Вербальная оценка вероятности	Нечеткая оценка вероятности
Возможности		
Успешное функционирование на территории Приморского края Свободного порта Владивосток	Выше среднего	{0,5; 0,6; 0,6; 0,7}
Развитие особой экономической зоны на базе завода Соллерс	Ниже среднего	{0,3; 0,4; 0,4; 0,5}
Создание центра ядерной медицины на базе Дальневосточного федерального университета	Высокая	{0,6; 0,7; 0,7; 0,9}
Создание территорий опережающего социально-экономического развития	Выше среднего	{0,5; 0,6; 0,6; 0,7}
Развитие игровой зоны	Высокая	{0,6; 0,7; 0,7; 0,9}
...	...	...
Угрозы		
Негативная миграционная подвижность населения	Высокая	{0,6; 0,7; 0,7; 0,9}
Рост дифференциации доходов населения	Высокая	{0,6; 0,7; 0,7; 0,9}
Несоответствие действительности ожиданиям от Свободного порта Владивосток и территорий опережающего социально-экономического развития	Средняя	{0,4; 0,5; 0,5; 0,6}
Снижение налоговых поступлений в бюджет	Выше среднего	{0,5; 0,6; 0,6; 0,7}
Новые политические и экономические санкции и контрсанкции	Низкая	{0,1; 0,3; 0,3; 0,4}
...	...	...

Далее, по формуле (5) осуществляется расчет изменений значений всех показателей развития ВГО, представленных выше. Отметим, что сопоставительная матрица внешней среды и показателей развития ВГО в статье не приводится ввиду ее громоздкости. Затем по формуле (6) рассчитываются нечеткие значения каждого показателя развития ВГО с учетом поправочных коэффициентов в момент времени  $t = 1$ :

- $U_1(1) = \{588; 603; 655; 702\}$  тыс. человек;
- $U_2(1) = \{5\ 625; 6\ 029; 6\ 985; 7\ 535\}$  млн руб.;
- $U_3(1) = \{188; 200; 226; 253\}$  тыс. кв. м общей площади;
- $U_4(1) = \{53\ 786; 59\ 387; 65\ 333; 76\ 509\}$  млн руб.;
- $U_5(1) = \{1\ 011; 1\ 200; 1\ 533; 2\ 175\}$  млн руб.;
- $U_6(1) = \{40\ 742; 43\ 569; 49\ 925; 54\ 033\}$  млн руб.;
- $U_7(1) = \{48; 49; 51; 59\}$  тыс. руб.;
- $U_8(1) = \{1,05; 1,22; 1,25; 1,49\}$  тыс. человек;
- $U_9(1) = \{40\ 410; 41\ 347; 45\ 508; 53\ 210\}$  млн руб.;
- $U_{10}(1) = \{402; 502; 560; 607\}$  млн долл.;
- $U_{11}(1) = \{1\ 125; 1\ 527; 1\ 638; 1\ 976\}$  млн долл.

На заключительном шаге осуществляется оценка рисковости развития ВГО для различных уровней принятия риска. Для этого по формуле (7) рассчитывается степень риска недостижения целевого значения каждого показателя развития ВГО. В качестве примера рассмотрим нахождение степени риска для показателя «Объем инвестиций в основной капитал за счет всех источников финансирования». Отметим, что целевое значение данного показателя составляет 48 310 млн рублей. На рис. 2 представлены функция принадлежности нечеткого числа  $U_9(1)$  и целевое значение показателя.

При разных альфа-уровнях степень риска недостижения целевого значения показателя «Объем инвестиций в основной капитал за счет всех источников финансирования» составляет:

- альфа-уровень равен 1 (крайне низкая расположенность к риску),  $R_9 = 0,82$ ;
- альфа-уровень равен 0,75 (низкая расположенность к риску),  $R_9 = 0,78$ ;

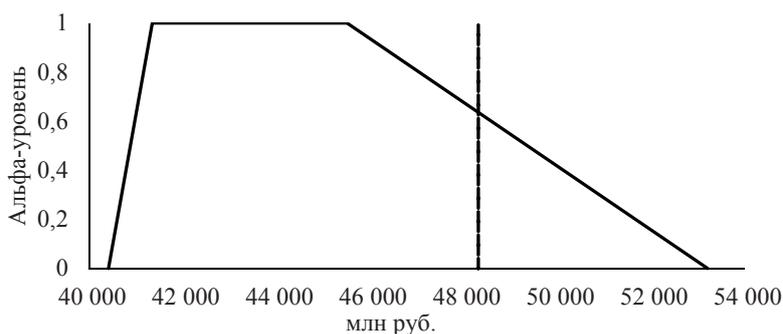


Рис. 2. Показатель «Объем инвестиций в основной капитал за счет всех источников финансирования»

Fig. 2. The indicator «The volume of investments in fixed assets from all sources of financing»

- альфа-уровень равен 0,5 (средняя расположенность к риску),  $R_9 = 0,69$ ;
- альфа-уровень равен 0,25 (высокая расположенность к риску),  $R_9 = 0,63$ ;
- альфа-уровень равен 0 (крайне высокая расположенность к риску),  $R_9 = 0,62$ .

Аналогичным образом были рассчитаны степени риска для всех показателей. Полученные данные представлены в таблице 4.

Наиболее важными группами заинтересованных сторон ВГО (как, впрочем, и для большинства территорий) являются группы: «Население», «Государство» и «Бизнес». Для этих групп экспертно определены коэффициенты важности показателей для стейкхолдеров  $V_l^r$ ,  $l = 1, \dots, 11$ ,  $r = 1, 2, 3$ . Затем по формуле (8) рассчитаны интегральные показатели рисковости развития ВГО для каждой группы:

— для альфа-уровня равного 1:  $Z_{\text{население}} = \{0,5; 0,76; 1; 1\}$ ,  $Z_{\text{государство}} = \{0,63; 0,83; 0,86; 1\}$ ,  $Z_{\text{бизнес}} = \{0,43; 0,65; 0,91; 1\}$ ;

— для альфа-уровня равного 0,75:  $Z_{\text{население}} = \{0,5; 0,76; 1; 1\}$ ,  $Z_{\text{государство}} = \{0,63; 0,83; 0,86; 1\}$ ,  $Z_{\text{бизнес}} = \{0,42; 0,64; 0,92; 1\}$ ;

— для альфа-уровня равного 0,5:  $Z_{\text{население}} = \{0,49; 0,73; 1; 1\}$ ,  $Z_{\text{государство}} = \{0,62; 0,81; 0,83; 1\}$ ,  $Z_{\text{бизнес}} = \{0,4; 0,64; 0,89; 1\}$ ;

— для альфа-уровня равного 0,25:  $Z_{\text{население}} = \{0,47; 0,69; 1; 1\}$ ,  $Z_{\text{государство}} = \{0,58; 0,77; 0,79; 1\}$ ,  $Z_{\text{бизнес}} = \{0,4; 0,63; 0,87; 1\}$ ;

Таблица 4

**Степени риска недостижения  
целевых значений показателей  
развития ВГО**

Table 4

**Degrees of risk of failure to meet  
the target values of Vladivostok  
development indicators**

Показатель	Альфа-уровень				
	1	0,75	0,5	0,25	0
Степень риска					
$R_1$	0,53	0,50	0,48	0,46	0,45
$R_2$	1,00	1,00	1,00	0,99	0,97
$R_3$	1,00	1,00	0,99	0,99	0,95
$R_4$	0,97	0,96	0,94	0,91	0,86
$R_5$	0,97	0,96	0,95	0,91	0,85
$R_6$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$R_7$	0,92	0,91	0,88	0,81	0,73
$R_8$	0,97	0,97	0,96	0,93	0,89
$R_9$	0,82	0,78	0,69	0,63	0,62
$R_{10}$	0,39	0,43	0,46	0,48	0,50
$R_{11}$	0,24	0,27	0,31	0,33	0,36

— для альфа-уровня равного 0:  $Z_{\text{население}} = \{0,44; 0,67; 1; 1\}$ ,  $Z_{\text{государство}} = \{0,57; 0,76; 0,78; 1\}$ ,  $Z_{\text{бизнес}} = \{0,4; 0,61; 0,82; 1\}$  (трапеции превращаются в отрезки).

Далее, рассчитываются степени принадлежности найденных интегральных показателей к той или иной рискованной ситуации развития ВГО. Полученные результаты представлены в таблице 5.

Анализируя данные таблицы 4, можно сделать вывод, что, независимо от уровня степени принятия риска, для группы «Бизнес» сложилась высокорискованная ситуация, а для группы «Население» ситуация является критической (с точки зрения выполнения относящихся к группе целевых показателей развития ВГО). Для группы «Государство» ситуация воспринимается либо как высокорискованная (при достаточно высоком уровне принятия риска), либо как критическая (при достаточно низком уровне принятия риска). Все это говорит о том, что с большой вероятностью целевые значения большинства показателей развития ВГО не будут достигнуты. Во многом это связано с тем, что крупные проекты, на которые «воз-

Таблица 5

## Оценка рисковости развития ВГО

Table 5

## Assessment of the development risk of Vladivostok

ГЭС	Альфа-уровень	Ситуация рисковости развития ВГО		
		Среднерискованная	Высокорискованная	Критическая
Население	1	0,05	0,41	0,54
	0,75	0,05	0,41	0,54
	0,5	0,06	0,43	0,51
	0,25	0,09	0,43	0,48
	0	0,13	0,42	0,45
Государство	1	0,00	0,36	0,64
	0,75	0,00	0,36	0,64
	0,5	0,00	0,41	0,59
	0,25	0,01	0,55	0,44
	0	0,01	0,58	0,41
Бизнес	1	0,16	0,47	0,37
	0,75	0,17	0,46	0,37
	0,5	0,20	0,46	0,34
	0,25	0,21	0,45	0,33
	0	0,24	0,49	0,27

лагаются большие надежды», вероятнее всего, не приведут к планируемым результатам. В этой связи в первую очередь необходимо разработать комплекс анти-рисковых мероприятий, которые позволят ускорить реализацию проектов по созданию территорий с особым правовым режимом.

### **Заключение**

В работе предложен нечеткий метод количественного анализа рисков развития социально-экономической системы, позволяющий оценить влияние факторов внешней среды на основные показатели развития системы с учетом внутренних факторов, интересов всех заинтересованных сторон и существующих неопределенностей. При этом неопределенности связаны с субъективностью экспертных оценок и нестабильностью процессов внешней среды системы. Рассмотрен пример использования данного метода при анализе рисков социально-экономического развития Владивостокского городского округа. Оценена рисковость ситуации развития муниципального образования для трех групп заинтересованных сторон: «Население», «Государство» и «Бизнес». Проведенный анализ показал, что для данного муниципального образования сложилась высокорисковая (для группы «Бизнес») и критическая (для группы «Население») ситуация, требующая корректировки текущего вектора развития. В первую очередь необходимо осуществить ряд мероприятий, связанных с ускоренным «вплощением в жизнь» проектов по созданию территорий с особым правовым режимом.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Лавренюк К. И. Количественный анализ рисков социально-экономического развития муниципального образования на основе стейкхолдерского подхода / К. И. Лавренюк, Л. С. Мазелис, К. С. Солодухин // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2016. Т. 5, № 4 (17). С. 262-265.
2. Мазелис Л. С. Методика SWOT-анализа рисков региона в разрезе макроэкономических показателей социально-экономического развития (на примере Камчатского края) / Л. С. Мазелис, В. О. Морозов // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=16329>
3. Морозов В. О. Нечетко-множественные методы стратегического анализа стейкхолдер-компаний / В. О. Морозов, К. С. Солодухин, А. Я. Чен // Фундаментальные исследования. 2016. № 2-1. С. 179-183.
4. Солодухин К. С. Инновационная технология стратегического анализа организации на основе теории заинтересованных сторон / К. С. Солодухин, М. С. Рахманова // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного университета. Экономические науки. 2009. № 2-1 (75). С. 102-111.
5. Gao C.-Y. Consolidating SWOT Analysis with Nonhomogeneous Uncertain Preference Information / C.-Y. Gao., D.-H. Peng // Knowledge-Based Systems. 2011. No 24. Pp. 796-808. DOI: 10.1016/j.knsys.2011.03.001
6. Ghazinoory S. Fuzzy SWOT Analysis / S. Ghazinoory, A. Esmail Zadeh, A. Memariani // Journal of Intelligent & Fuzzy Systems. 2007. No 18. Pp. 99-108.

7. Haile M. Fuzzy Evaluation of SWOT Analysis / M. Haile, J. Krupka // *International Journal of Supply Chain Management*. 2016. Vol. 5. No 3. Pp. 172-179.
8. Hassanzadeh Amin S. Supplier Selection and Order Allocation Based on Fuzzy SWOT Analysis and Fuzzy Linear Programming / S. H. Amin, J. Razmi, G. Zhang // *Expert Systems with Applications*. 2011. No 38. Pp. 334-342.  
DOI: 10.1016/j.eswa.2010.06.071
9. Hatami-Marbini A. An Application of Fuzzy TOPSIS in an SWOT Analysis / A. Hatami-Marbini, S. Saati // *Mathematical Sciences*. 2009. Vol. 3. No 2. Pp. 173-190.
10. Hosseini-Nasab H. Coping with Imprecision in Strategic Planning: a Case Study Using Fuzzy SWOT Analysis / A. Hosseini-Nasab, H. Hosseini-Nasab, A. S. Milani // *iBusiness*. 2011. No 3. Pp. 23-29.
11. Kececi T. SHARE Technique: A Novel Approach to Root Cause Analysis of Ship Accidents / T. Kececi, O. Arslan // *Safety Science*. 2017. No 96. Pp. 1-21.  
DOI: 10.1016/j.ssci.2017.03.002
12. Parthiban P. Vendor Selection Problem: a Multi-Criteria Approach Based on Strategic Decisions / P. Parthiban, H. Abdul Zubar, P. Katarar // *International Journal of Production Research*. 2013. Vol. 51. No 5. Pp. 1535-1548.  
DOI: 10.1080/00207543.2012.709644
13. Saman Kheirkhah A. Development Strategies to Reduce the Risk of Hazardous Material Transportation in Iran Using the Method of Fuzzy SWOT Analysis / A. S. Kheirkhah, A. Esmailzadeh, S. Ghazinoory // *Transport*. 2009. No 24 (4). Pp. 325-332.
14. Yun-Huei L. Application of a SWOT-FANP Method / L. Yun-Huei // *Technological and Economic Development of Economy*. 2013. Is. 13. No 4. Pp. 570-592.

**Lev S. MAZELIS**<sup>1</sup>

**Konstantin S. SOLODUKHIN**<sup>2</sup>

**Kirill I. LAVRENYUK**<sup>3</sup>

**FUZZY MODEL OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEM  
DEVELOPMENT RISKS ANALYSIS  
ON THE STAKEHOLDER APPROACH BASIS\***

<sup>1</sup> Dr. Sci. (Econ.), Head of the Department of Mathematics and Modeling,  
Vladivostok State University of Economics and Service  
lev.mazelis@vvsu.ru

<sup>2</sup> Dr. Sci. (Econ.), Professor, Department of Mathematics and Modeling,  
Vladivostok State University of Economics and Service  
k.solodukhin@mail.ru

<sup>3</sup> Senior Lecturer, Department of Mathematics and Modeling,  
Vladivostok State University of Economics and Service  
kirill.lavrenyuk@vvsu.ru

**Abstract**

This article is devoted to the development of a method for quantitative analysis of the socio-economic system development risks that makes it possible to assess the influence of external factors of the system on the main indicators of its development, taking into account internal factors, interests of stakeholders and existing uncertainties. The proposed method is based on the fuzzy “stakeholder” model of SWOT. To simulate uncertainties, it is proposed to use a fuzzy-multiple approach that allows to take into account the blurring of expert information, as well as inaccurate information about changes in the external environment of the system and relationships with stakeholders. Approbation of the method was carried out on the example of socio-economic development of Vladivostok. For the municipal entity have been identified and ill-defined 35 factors of the internal environment, 18 external factors and 11 indicators of social and economic development. For external

---

\* The research was supported by the Russian Foundation for Basic Research (grant no 15-32-01027).

---

**Citation:** Mazelis L. S., Solodukhin K. S., Lavrenyuk K. I. 2017. “Fuzzy Model of Socio-Economic System Development Risks Analysis on the Stakeholder Approach Basis”. Tyumen State University Herald. Social, Economic, and Law Research, vol. 3, no 3, pp. 242-260. DOI: 10.21684/2411-7897-2017-3-3-242-260

---

factors, fuzzy equalizing factors are calculated that characterize the ability of strengths and weaknesses to correct the force of impact of opportunities and threats. Fuzzy risks of failure to reach target values of indicators are calculated. The riskiness of the development of the urban district for the three main groups of stakeholders (“Population”, “Government” and “Business”) is assessed at various risk acceptance levels.

**Keywords**

Risk analysis, fuzzy SWOT method, fuzzy approach, stakeholder approach, social and economic development of the municipality.

**DOI: 10.21684/2411-7897-2017-3-3-242-260**

**REFERENCES**

1. Lavrenyuk K. I., Mazelis L. S., Soloduhin K. S. 2016. “Kolichestvennyj analiz riskov social'no-ehkonomicheskogo razvitiya municipal'nogo obrazovaniya na osnove stekholderskogo podhoda” [Quantitative Risk Analysis of Social-Economic Development of the Municipality Based on Stakeholder Approach]. *Azimut nauchnyh issledovaniy: ehkonomika i upravlenie*, vol. 5, no 4 (17), pp. 262-265.
2. Mazelis L. S., Morozov V. O. 2014. “Metodika SWOT-analiza riskov regiona v razreze makroehkonomicheskikh pokazatelej social'no-ehkonomicheskogo razvitiya (na primere Kamchatskogo kraja)” [Methodology of SWOT-Analysis Risks by Region in the Context of the Main Macroeconomic Indicators of Socio-Economic Development (As an Example of the Kamchatka Territory)]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, no 6. <https://science-education.ru/ru/article/view?id=16329>
3. Morozov V. O., Soloduhin K. S., Chen A. Ya. 2016. “Nechetko-mnozhestvennye metody strategicheskogo analiza stekholder-kompanii” [Fuzzy Set Methods for Strategic Stakeholder Analysis of a Company]. *Fundamental'nye issledovaniya*, no 2-1, pp. 179-183.
4. Soloduhin K. S., Rahmanova M. S. 2009. “Innovacionnaya tekhnologiya strategicheskogo analiza organizacii na osnove teorii zainteresovannykh storon” [Innovative Technology of Strategic Analysis of the Organization Based on the Stakeholders Theory]. *Nauchno-tehnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomicheskie nauki*, no 2-1 (75), pp. 102-111.
5. Gao C.-Y., Peng D.-H. 2011. “Consolidating SWOT Analysis with Nonhomogeneous Uncertain Preference Information”. *Knowledge-Based Systems*, no 24, pp. 796-808. DOI: 10.1016/j.knsys.2011.03.001
6. Ghazinoory S., Esmail Zadeh A., Memariani A. 2007. “Fuzzy SWOT Analysis”. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, no 18, pp. 99-108.
7. Haile M., Krupka J. 2016. “Fuzzy Evaluation of SWOT Analysis”. *International Journal of Supply Chain Management*, vol. 5, no 3, pp. 172-179.
8. Hassanzadeh Amin S., Razmi J., Zhang G. 2011. “Supplier Selection and Order Allocation Based on Fuzzy SWOT Analysis and Fuzzy Linear Programming”. *Expert Systems with Applications*, no 38, pp. 334-342. DOI: 10.1016/j.eswa.2010.06.071
9. Hatami-Marbini A., Saati S. 2009. “An Application of Fuzzy TOPSIS in an SWOT Analysis”. *Mathematical Sciences*, vol. 3, no 2, pp. 173-190.

10. Hosseini-Nasab H., Hosseini-Nasab A., Milani A.S. 2011. "Coping with Imprecision in Strategic Planning: A Case Study Using Fuzzy SWOT Analysis". *iBusiness*, no 3, pp. 23-29.
11. Kececi T., Arslan O. 2017. "SHARE technique: A Novel Approach to Root Cause Analysis of Ship Accidents". *Safety Science*, no 96, pp. 1-21.  
DOI: 10.1016/j.ssci.2017.03.002
12. Parthiban P., Abdul Zubar H., Katarak P. 2013. "Vendor Selection Problem: A Multi-Criteria Approach Based on Strategic Decisions". *International Journal of Production Research*, vol. 51, no 5, pp. 1535-1548. DOI: 10.1080/00207543.2012.709644
13. Saman Kheirkhah A., Esmailzadeh A., Ghazinoory S. 2009. "Development Strategies to Reduce the Risk of Hazardous Material Transportation in Iran Using the Method of Fuzzy SWOT Analysis". *Transport*, no 24 (4), pp. 325-332.
14. Yun-Huei L. 2013 "Application of a SWOT-FANP Method". *Technological and Economic Development of Economy*, is. 13, no 4, pp. 570-592.