

Применение критериального метода аналитической стохастической процедуры при выборе исполнителей тендерных проектов

<sup>1</sup> Кузниченко В.М., кандидат физико-математических наук, доцент

<sup>2</sup> Лапшин В.И., доктор физико-математических наук, профессор

Украинского государственного университета финансов и международной торговли, г. Харьков, Украина

Received October 6, 2013; Accepted October 28, 2013

**Аннотация.** Рассмотрено проведение тендеров по бюджетным программам и проектам. Исследован случай уменьшения числа конкурсантов тендера после определения их предварительного рейтинга. Показано, что использование метода анализа иерархий (МАИ) для определения исполнителей работ по тендеру для начального и уменьшенного числа его участников может привести к значительным трудностям – изменению начального рейтинга. Предложен критериальный метод аналитической стохастической процедуры поддержки принятия решений. Этот метод устраняет (снимает) трудности и неоднозначность.

**Ключевые слова:** тендер, рейтинг, МАИ, критериальный метод аналитической стохастической процедуры.

**Вступление.** Одной из составных частей бюджетной политики любого государства является экономное, рациональное и эффективное использование бюджетных средств. Этого можно достичь, постоянно совершенствуя механизмы управления как, государственным, так и местными бюджетами. К одному из таких механизмов следует отнести программно-целевой метод (ПЦМ), который согласно ст. 20 Бюджетного кодекса Украины [1] применяется на уровне государственного и местных бюджетов. Использование экономико-математических методов в ПЦМ бюджетирования повышает его эффективность и является актуальным.

Проблемам развития и усовершенствования ПЦМ бюджетного управления посвящены научные работы отечественных ученых, среди которых Чугунов И., Запатрина И., Голинская О., Щербина И., Крупка М., Дьяченко Я., Чечулина О. В статье [2] было предложено использовать метод анализа иерархий (МАИ) [3] в ПЦМ организовать выполнения бюджетных целевых программ и проектов.

**Нерешенные проблемы.** В работе [4] показано, что увеличение критериев или альтернатив при использовании МАИ может привести к изменению их начальных глобальных приоритетов. Авторами Кузниченко В., Лапшиным В., Стеценко Т., в статьях

[5,6] было предложено решение этой проблемы – разработана аналитическая процедура структурирования множества альтернатив и критериев. Однако, исследование вопроса уменьшения альтернатив, что может произойти в процедуре тендеров на бюджетные проекты, не проводилось.

**Целью** настоящей статьи является демонстрация необходимости применения разработанного критериального метода аналитической стохастической процедуры поддержки принятия решений вместо повторно применяя МАИ при принятии решения по выбору исполнителей тендера в случае уменьшения числа его участников.

**Материалы и методы.** Теория стохастических матриц, метод парных сравнений.

**Результаты и их обсуждение.** Рассмотрим тендер на участие в котором подали заявки и необходимую документацию три организации (альтернативы  $A_1, A_2, A_3$ ). Пусть принятие решения о победителе тендера проводится методом МАИ с двумя критериями отбора  $K_1$  и  $K_2$ . Парные сравнения критериев относительно цели и альтернатив относительно критериев приведены в таблицах 1-3.

Таблица 1.

**Матрица парных сравнений критериев относительно цели**

| Цель  | $K_1$ | $K_2$ | $V_{ц}$ |
|-------|-------|-------|---------|
| $K_1$ | 1     | 3     | 3/4     |
| $K_2$ | 1/3   | 1     | 1/4     |

Таблица 2.

**Матрица парных сравнений альтернатив относительно критерия  $K_1$**

| $K_1$ | $A_1$ | $A_2$ | $A_3$ | $V_{K1}$ |
|-------|-------|-------|-------|----------|
| $A_1$ | 1     | 2     | 1/4   | 2/11     |
| $A_2$ | 1/2   | 1     | 1/8   | 1/11     |
| $A_3$ | 4     | 8     | 1     | 8/11     |

Таблица 3.

**Матрица парных сравнений альтернатив относительно критерия  $K_2$**

| $K_2$ | $A_1$ | $A_2$ | $A_3$ | $V_{K2}$ |
|-------|-------|-------|-------|----------|
| $A_1$ | 1     | 1/2   | 4     | 4/13     |
| $A_2$ | 2     | 1     | 8     | 8/13     |
| $A_3$ | 1/4   | 1/8   | 1     | 1/13     |

В таблицах 1-3.  $V_{ц}, V_{K1}, V_{K2}$  – собственные вектора-столбцы матриц парных сравнений критериев относительно цели и альтернатив относительно критериев  $K_1$  и  $K_2$  соответственно.

Глобальные приоритеты альтернатив ( $w_i(a) i=1,2,3$ ) определяются произведением матрицы  $V(A)$ , столбцы которой состоят из векторов-столбцов  $V_{K1}$  и  $V_{K2}$  на вектор-столбец  $V_{ц}$ :

$$W(A) = V(A) * V_{ц} = \begin{pmatrix} 2 & 4 \\ 11 & 13 \\ 1 & 8 \\ 11 & 13 \\ 8 & 1 \\ 11 & 13 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 3 \\ 4 \\ 1 \\ 4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 61 \\ 286 \\ 127 \\ 572 \\ 323 \\ 572 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} w_1(a) \\ w_2(a) \\ w_3(a) \end{pmatrix} \quad (1)$$

Из (1) следует, что  $w_1(a) < w_2(a) < w_3(a)$ .

Внезапно, а может быть специально, третья организация снимается с участия в тендере. В этом случае при применении МАИ табл.1 остается без изменений, а таблицы 2,3 переходят в таблицы 4,5:

Таблица 4.

**Матрица парных сравнений альтернатив относительно критерия  $K_1$**

| $K_1$ | $A_1$ | $A_2$ | $V_{K1}$ |
|-------|-------|-------|----------|
| $A_1$ | 1     | 2     | 2/3      |
| $A_2$ | 1/2   | 1     | 1/3      |

Таблица 5.

**Матрица парных сравнений альтернатив относительно критерия  $K_2$**

| $K_2$ | $A_1$ | $A_2$ | $V_{K2}$ |
|-------|-------|-------|----------|
| $A_1$ | 1     | 1/2   | 1/3      |
| $A_2$ | 2     | 1     | 2/3      |

Глобальные приоритеты альтернатив  $A_1$  и  $A_2$  определяются аналогично формуле (1):

$$W(A) = V(A) * V_{ц} = \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 3 & 3 \\ 1 & 2 \\ 3 & 3 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 3 \\ 4 \\ 1 \\ 4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 7 \\ 12 \\ 5 \\ 12 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} w_1(a) \\ w_2(a) \end{pmatrix} \quad (2)$$

Из (2) следует, что знак неравенства между приоритетами альтернатив изменился  $w_1(a) > w_2(a)$  что создает серьезные трудности в принятии решения о победителе тендера.

Для избежания неоднозначности в тендерных решениях предлагаем при принятии решений использовать разработанный авторами критериальный метод аналитической стохастической процедуры. В этом методе парные сравнения критериев относительно цели заменяются парными сравнениями критериев относительно альтернатив. Эта замена парных сравнений критериев относительно альтернатив в результате применения процедуры дает возможность определять глобальные приоритеты как альтернатив, так и критериев, а также сохраняет относительные первоначальные приоритеты при изменении количества альтернатив.

Рассмотрим пример. Пусть парные сравнения критериев относительно альтернатив имеют следующий вид:

Таблица 6.

**Матрица парных сравнений альтернатив относительно критерия  $K_1$**

| $K_1$ | $A_1$ | $A_2$ | $A_3$ | $V_{K1}$ |
|-------|-------|-------|-------|----------|
| $A_1$ | 1     | 1/9   | 1/5   | 1/15     |
| $A_2$ | 9     | 1     | 9/5   | 3/5      |
| $A_3$ | 5     | 5/9   | 1     | 1/3      |

Таблица 7.

**Матрица парных сравнений альтернатив относительно критерия  $K_2$**

| $K_2$ | $A_1$ | $A_2$ | $A_3$ | $V_{K2}$ |
|-------|-------|-------|-------|----------|
| $A_1$ | 1     | 4     | 8/5   | 8/15     |
| $A_2$ | 1/4   | 1     | 2/5   | 2/15     |
| $A_3$ | 5/8   | 5/2   | 1     | 1/3      |

Парные сравнения критериев относительно альтернатив приведены в таблицах 8-10.

Таблица 8.

Матрица парных сравнений критериев относительно

альтернативы  $A_1$

|       |       |       |          |
|-------|-------|-------|----------|
| $A_1$ | $K_1$ | $K_2$ | $V_{A1}$ |
| $K_1$ | 1     | 4     | 4/5      |
| $K_2$ | 1/4   | 1     | 1/5      |

Таблица 9.

Матрица парных сравнений критериев относительно

альтернативы  $A_2$

|       |       |       |          |
|-------|-------|-------|----------|
| $A_2$ | $K_1$ | $K_2$ | $V_{A2}$ |
| $K_1$ | 1     | 9     | 9/10     |
| $K_2$ | 1/9   | 1     | 1/10     |

Таблица 10.

Матрица парных сравнений критериев относительно

альтернативы  $A_3$

|       |       |       |          |
|-------|-------|-------|----------|
| $A_3$ | $K_1$ | $K_2$ | $V_{A3}$ |
| $K_1$ | 1     | 2     | 2/3      |
| $K_2$ | 1/2   | 1     | 1/3      |

Построим матрицы  $C(A)$  и  $C(K)$ , которые являются произведениями матриц  $V(A)$ , и  $V(K)$  со строками, состоящими из транспонированных векторов-столбцов матриц парных сравнений критериев относительно альтернатив  $V_{A_i}$  ( $i=1,3$ ) и альтернатив относительно критериев  $V_{K_j}$  ( $j=1,2$ ) соответственно.

В нашем случае имеем:

$$C(A) = V(A) * V(K) = \begin{pmatrix} 11 & 17 & 1 \\ 25 & 25 & 3 \\ 17 & 83 & 1 \\ 150 & 150 & 3 \\ 2 & 4 & 1 \\ 9 & 9 & 3 \end{pmatrix},$$

$$C(K) = V(K) * V(A) = \begin{pmatrix} 349 & 101 \\ 450 & 450 \\ 101 & 124 \\ 225 & 225 \end{pmatrix} \quad (3)$$

Системы уравнений (4) и (5)

$$\begin{cases} \bar{W}(A) * C(A) = \bar{W}(A) \\ w_1(a) + w_2(a) + w_3(a) = 1 \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} \bar{W}(K) * C(K) = \bar{W}(K) \\ w_1(k) + w_2(k) = 1 \end{cases} \quad (5)$$

определяют глобальные приоритеты альтернатив  $w_i(a)$  ( $i=1,2,3$ ) и критериев  $w_j(k)$  ( $i=1,2$ ). Здесь  $\bar{w}(A) = (w_1(a), w_2(a), w_3(a))$  и  $\bar{w}(K) = (w_1(k), w_2(k))$  – вектора-строки глобальных приоритетов альтернатив и критериев соответственно.

Решения систем (4) и (5) имеют вид

$$w_2(a) = \frac{4}{9} > w_3(a) = \frac{1}{3} > w_1(a) = \frac{2}{9}$$

$$(w_2(a) > w_1(a)) \text{ и } w_1(k) = \frac{2}{3} > w_2(k) = \frac{1}{3}$$

соответственно.

Пусть третий участник тендера  $A_3$  после определения рейтинга забрал заявку и документы. Тогда изменятся вектора-столбцы матриц парных сравнений альтернатив относительно критериев  $K_1$  и  $K_2$ :

Таблица 11.

Матрица парных сравнений альтернатив относительно критерия  $K_1$

|       |       |       |          |
|-------|-------|-------|----------|
| $K_1$ | $A_1$ | $A_2$ | $V_{K1}$ |
| $A_1$ | 1     | 1/9   | 1/10     |
| $A_2$ | 9     | 1     | 9/10     |

Таблица 12.

Матрица парных сравнений альтернатив относительно критерия  $K_2$

|       |       |       |          |
|-------|-------|-------|----------|
| $K_2$ | $A_1$ | $A_2$ | $V_{K2}$ |
| $A_1$ | 1     | 4     | 4/5      |
| $A_2$ | 1/4   | 1     | 1/5      |

Значения для матриц  $C(A)$  и  $C(K)$  из выражений (3) переходят в (6) соответственно:

$$C(A) = V(A) * V(K) = \begin{pmatrix} 33 & 17 \\ 50 & 50 \\ 17 & 83 \\ 100 & 100 \end{pmatrix},$$

$$C(K) = V(K) * V(A) = \begin{pmatrix} 83 & 17 \\ 100 & 100 \\ 17 & 33 \\ 50 & 50 \end{pmatrix} \quad (6)$$

Из системы уравнений (4) и (5) с новыми значениями для  $C(A)$  и  $C(K)$  из формул (6) получаем глобальные приоритеты для критериев и альтернатив:

$$\begin{cases} w_1(k) = \frac{2}{3} \\ w_2(k) = \frac{1}{3} \end{cases}, \begin{cases} w_1(a) = \frac{1}{3} \\ w_2(a) = \frac{2}{3} \end{cases}.$$

Как видно из этого примера рейтинг приоритетов альтернатив при уменьшении их количества сохраняется, ( $w_2(a) > w_1(a)$ ). Более того, их относительные веса равны:

$$\frac{w_1(a)}{w_2(a)} = \frac{2}{9} : \frac{4}{9} = \frac{1}{2} = \frac{1}{3} : \frac{2}{3}.$$

**Выводы.** В планировании и расходовании бюджетных средств в Украине расширяется использование ПЦМ как на государственном, так и региональных уровнях. Важными составляющими ПЦМ в бюджетном процессе являются организация и эффективное выполнение бюджетных программ, проектов, определение их квалифицированных исполнителей на конкурентной основе. В тендерной процедуре возможно после предварительного подведения итогов уменьшение числа конкурсантов. Применение МАИ повторно и в окончательном варианте может привести к противоречивым результатам – изменению глобальных приоритетов альтернатив. Это может быть использовано в коррупционных схемах определения ис-

полнителей работ. Предлагаемый критериальный метод аналитической стохастической процедуры поддержки принятия решений не допускает неоднознач-

ности и эффективно может быть использован в тендерных процедурах.

#### ЛИТЕРАТУРА

##### (REFERENCES TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Бюджетний кодекс України: Закон України від 08.07.2010 № 2456-VI; редакція від 07.11.2012 [Електронний ресурс] // База даних «Законодавство України». – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?user=index>.  
*Byudzhuj kodeks Ukkrainy: Zakon Ukrainy wid 08.07.2010 № 2456 - VI; redakciya wid 07.11.2012 [The Budgetary code of Ukraine: is Law of Ukraine from 08.07.2010 № 2456 - VI; a release is from 07.11.2012] [Electronuj resurc] // Baza danuch "Zakonodawstwo Ukrainu". – Rezhym dostupu: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?user=index>.*
2. Лапшин В.І. Застосування методу аналізу ієрархій у програмно-цільовому методі бюджетування / В.І. Лапшин, В.М. Кузнiченко // Фiнанси України. – 2011. – № 5. – С. 40-46.  
*Lapshin W.I. Zastocuwannya analizu ierarchiy u programno – czilowomu metodi byudzhetuwannya [Application of method of analysis of hierarchies in the programmatic-having a special purpose method of budgeting] / W.I. Lapshun, W. M. Kuzniczenko // Finansu Ukrainu. - 2011. - № 5. - S. 40-46.*
3. Саати Т.Л. Принятие решений: метод анализа иерархий / Т.Л. Саати. – М.: Радио и связь, 1989. – 316 с.  
*Saati T.L. Prinyatie reszenij: metod analiza ierarkhij [ Making decision: method of analysis of hierarchies] / T.L. Saati. – M.: of Radio i svyaz, 1989. - 316 s.*
4. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных странах: учебник / О.И. Ларичев. – Изд. второе, перераб. и доп. – М.: Логос, 2002. – 392 с.  
*Larichev O.I. Teoriya i metody prinyatiya reshenij, a takzhe sobytiya v Volshebnykh stranakh [Theory and methods of making decision, and also Chronicle of events in the Magic countries]: uchebnik / O.I. Larichev. – M.: Logos, 2002. – 392 s.*
5. Кузнiченко В.М. Аналитическая процедура структурирования множества альтернатив и критериев / В.М. Кузнiченко // Вiсник Нацiонального технiчного унiверситету «Харкiвський полiтехнiчний iнститут». Збiрник наукових праць. Тематичний випуск: Технiчний прогрес i ефективнiсть виробництва. – Х.: НТУ «ХП». – 2010. – № 59. – С. 81-87.  
*Kuznichenko W.M. Analiticheskaya procedura strukturirovaniya mnozhestwa alternatiw i kriteriew [The analytical procedure for structuring the set of alternatives and criteria] / W.M. Kuznichenko // Wisnyk Naczionalnogo techichnogo uniwersitetu "Kharkiwskiy politechnicznyj institut" Zbirnik naukowich prac. Tematicznij wipusk: Technicznyj progres i efektywnist wirobnictwa. – Kh.: NTU "KhPI". – 2010. – № 59. – S. 81-87.*
6. Лапшин В.І. Критеріальний метод аналітичної стохастичної процедури підтримки прийняття рішень / В.І. Лапшин, В.М. Кузнiченко, Т.В. Стеценко // Бизнес Информ. – 2013. – №7. – С. 80-84.  
*Lapshin W.I. Kryterialnyj metod analitychnoi stokhastichnoi prosedury pidtrymky pryjnyattya rishen [Criteria metod of analytical stochastic procedure of decion making support] / W.I. Lapshin, W. M. Kuzniczenko, T.V. Steczenko // Biznes Inform. – 2013. – №7. – S. 80 – 84.*

#### **Kuznichenko V.M., Lapshyn V.I. Application of criterion method of analytical stochastic procedure at the choice of performers of tender projects**

**Abstract.** Realization of tenders on the budgetary programs and projects is considered. The case of reduction of participants of tender competition after determination of their preliminary rating is investigated. It is shown that in this case the use of the analytic hierarchy process for decisions (AHP) can result in considerable difficulties - change of the initial rating. The criterion method of analytical stochastic procedure of support of making decision is offered. This method removes (takes off) difficulties and ambiguousness.

**Keywords:** tender, rating, AHP, criterion method of analytical stochastic procedure