

ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКА АНАЛИЗА ИЗБОРА ИЗВОЂАЧА РАДОВА НА УРЕЂЕЊУ ЕРОЗИОНИХ ПОДРУЧЈА

Тијана Андријанић, Нада Драговић²
Универзитет у Београду, Шумарски факултет

Апстракт: Пројекти заштите ерозионих подручја и уређења бујичних сливова представљају инвестициони подухват заштите материјалних и људских ресурса. Поред заштите, ови пројекти су усмерени ка очувању и одрживом коришћењу земљишних и водних ресурса. Успешна реализација ових пројеката подразумева завршетак у предвиђеном року, по утврђеној цени и задовољавајућим стандардима квалитета. Да би се овај циљ постигао неопходно је донети одлуку о најпогоднијем извођачу пројекта узимајући у обзир расположиве кандидате. Различите процедуре и критеријуми се могу користити за доношење ове одлуке. У раду се предлаже примена методе Аналитички хијерархијски процеси (АХП), методе вишекритеријумске анализе која рангира потенцијалне извођаче. Критеријуми на основу којих је извршен избор најпогоднијег кандидата су: искуство, финансијска стабилност, техничке могућности, организационе способности и репутацију понуђача.

Кључне речи: уређење бујичних сливова, вишекритеријумска анализа, избор извођача, оцена критеријума, аналитички хијерархијски процеси

Abstract: Erosion and torrent control projects are investment attempt to protect material and human resources. Furthermore, their aim is to protect soil and water resources and contribute to sustainable use of these resources. Successful realization of these projects means to complete projects on time, under budget and respecting prescribed standard quality. In the order to obtain this goal it is necessary to make a decision about the best contractor keeping in mind available candidates. Different procedures and criteria can be used for carrying out this decision. In this paper, we proposed Analytical hierarchy process (AHP), multi-criteria decision method, which is used for potential candidate ranking. Finest candidate is selected with respect to the following criteria: working experience, financial stability, technical capacity, organization and reputation.

Keywords: torrential catchment protection, multi criteria analysis, contractor selection, criteria evaluation, Analytical hierarchy process

² Кнеза Вишеслава 1, 11000 Београд, nada.dragovic@sfg.bg.ac.rs

1. УВОД

Избор најбољег извођача врши се на основу различитих критеријума и од пресудног је значаја за напредак и успешну реализацију пројекта (Zala and Bhat, 2011). Бројни су радови аутора из различитих земаља, посвећени овој проблематици. Различите процедуре за спровођење поступка избора извођача, као и методе за избор и утврђивање критеријума су развијене у различитим земљама. Неке од процедура које стоје на располагању за доношење ове одлуке су: позивно или јавно надметање, тј. спроводи се лицитација или тендерска процедура. Након подношења понуда, приступа се оцени понуда односно компетентности понуђача на основу обимне тендерске документације. Сви кандидати који поседују грађевинску дозволу и задовољавају основне критеријуме, улазе у ужи избор. У циљу одређивања коначног избора, финансијске, техничке и управљачке способности кандидата који су ушли у ужи избор подлежу детаљној анализи (Natush and Skitmore, 1997a).

Приступи који се могу користити за вредновање кандидата су 1) избор извођача на основу цене тендера 2) избор извођача на основу цене тендера узимајући у обзир и друге критеријуме као што су трошкови, време и квалитет (Fong and Choi, 2000.). Други приступ укључује разматрање критеријума који могу имати пресудну улогу за одабир или дисквалификацију одређеног кандидата. На пример, разлог за елиминисање кандидата који нуди нижу цену је висок ризик да пројекат претрпи неуспех због неискуства, неуспеха на сличним пројектима у прошлости или превеликог оптерећења потенцијалног извођача другим пројектима. Према томе, поред цене је битно узети у обзир и друге критеријуме на основу којих ће се вршити вредновање кандидата.

Циљ овога рада је да идентификује критеријуме, оцени њивов значај, и према томе рангира све опције, односно потенцијалне кандидате.

Први део рада се односи на избор извођача, где је у поглављу 2.1 дат преглед приступа и критеријума коришћених за избор извођача радова, а у поглављу 2.2 описане је примењена метода вишекритеријумске анализе - Аналитичи хијерархијски процеси (АХП). У поглављу 2.3 је на конкретном примеру показано како се врши избор понуђача узимајући у обзир више критеријума. Остала поглавља се односе на интерпретацију добијених резултата, дискусију и закључке.

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

2.1 Праксе и критеријуми за избор извођача

Процедуре које се могу користити за избор извођача су: отворени тендери, одабрани/ограничени тендери, предквалификација и преговарање (Palaneeswaran, Kumaraswamy, 2001). Најчешће коришћена пракса за избор извођача је селекција на основу најниже понуђене цене, што је доста критиковано с обзиром на негативне последице као што су продужење временена трајања радова, прекорачење

трошкова и смањење квалитета (Darvish et al., 2009; Yang and Wang, 2003). Доношењу одлуке о коначном избору кандидата (извођача радова) претходи предквалификација и тендерска евалуација (процена понуда) (Holt, et al., 1994). Предквалификација подразумева процену способности и могућности понуђача, који по Закону о планирању и изградњи РС (2009) може бити привредно друштво или правно лице које поседује: лиценцу за одговорног извођача радова и одговарајуће рефереце.

Приликом избора извођача битно је одредити критеријуме за њихово вредновање као и ограничења која ће утицати на елиминацију појединих кандидата. Разлог за елиминацију кандидата су различити, на пр. лоша организованост предузећа који изводи радове, лоша репутација и референце. Предност имају кандидати који по својим референцама, искуству, финансијској стабилности итд. највише доприносе успешној реализацији пројекта. Под успешном реализацијом се притом подразумева завршетак радова у утврђеном року, у оквиру буџета, са задовољавајућим критеријумом безбедности и потребним нивоом квалитета.

У различитим земљама различите су процедуре избора извођача. У Турској, на пример, поступак се састоји из предквалификације, након чега се од предквалификованих кандидата бира понуђач који нуди најнижу цену (Торсу, 2004). У Француској се одбацује кандидат који нуди абнормално ниску цену, док је пракса у Данској, Италији, Португалији и Јужној Кореји да се одбију понуђачи са јако високом ценом, као и они са јако ниском ценом (Zavadskas and Vilutienė, 2006).

Критеријуми који се могу користити за предквалификацију извођача су бројни. У Ирану се бира као најприхватљивија понуда она која има најнижу цену, чему претходи предквалификација кандидата на основу девет критеријума: радно искуство, технологија и опрема, искуство и знање операционог тима, финансијска стабилност, квалитет, блискост са датом области, репутација, креативност и иновације (Darvish et al., 2009). Hatush and Skitmore (1998) сматрају да су поред цене јако битни критеријуми: финансијска стабилност, техничка могућност, менаџерске способности, безбедност и репутација. Cheng and Li (2004) врше извор извођача на основу 8 критеријума: цене тендера, финансијске могућности, искуства, испуњавања услова у прошлости (неуспеси, кашњења), људских ресурса, тренутног радног оптерећења, односа у прошлости и безбедносних перформанси. Zlatanović i Stefanović (2005) врше избор извођача радова инвестиционих објеката шумског инжењеринга на основу критеријума који се односе на карактеристике предузећа као и критеријума који се односе на конкретан објекат. Критеријум који је од великог значаја је компетентност понуђача која се мери искуством и референцама, расположивом рандом снагом и механизацијом, менаџерским и организационим способностима као и тренутним ангажовањем на другим или сличним пројектима (Palaneeswaran and Kumaraswamy, 2001). Неки од најкритичнијих фактора успеха пројекта су неуспех у прошлости, финансијски проблем, лоше перформанце, несреће које проистичу услед недовољне обезбеђености радног места (Hatush, Skitmore, 1997a; Singh, Tiong, 2006).

2.2 Основне поставке АХП методе

Методологија која се може користити за вредновање извођача је различита: вишекритеријумска анализа (Cheng, Li, 2004), приступ непосредног уговарања (Holt, 1998), вишеатрибутивна анализа (Торсу, 2004), вишеатрибутивна теорија корисности (Wong et al., 2003), теорија фази скупова (Cheng, Li, 2004; Holt, 1998), PERT метода - техника за оцену и ревизију програма (Natush, Skitmore, 1997b) итд. У раду је примењена метода вишекритеријумске анализе – Аналитички хијерархијски процеси (АХП), која рангира кандидате према критеријумима који су везани за неке атрибуте компаније и извођача. Чињеница је да је од великог значаја направити равнотежу између цене и атрибута кандидата који се не изражавају монетарним вредностима (Singh, Tiong, 2006), међутим, критеријуми разматрани у раду односе се прву фазу вредновања кандидата, фазу предквалификације. Циљ рада је да се на конкретном примеру покаже како се кандидати рангирају када различити критеријуми имају различити значај (тежинске коефицијенте) у зависности од тога колико су битни за пројекат и колику важност им придаје доносилац одлуке.

Поступак АХП методе коју је развио математичар Tomas Saaty 1980-их омогућује одређивање тежина критеријума и рангирање кандидата. Метода узима у обзир и квалитативне и квантитативне критеријуме, а процедура примене методе се може објаснити кроз следеће кораке (Saaty, Vargas, 2001):

1. Проблем се рашчлани тако да се формира хијерархија на чијем врху је циљ, испод њега су критеријуми, подкритеријуми, док су алтернативе (кандидати) на дну лествице (Слика 1);
2. Елементи одређеног нивоа хијерархије n , пореде се у паровима, и то у односу на надређени елемент (критеријуми се пореде међу собом у односу на постављени циљ, а алтернативе у односу на сваки од критеријума) користећи Saaty-јеву скалу (Табела 1);
3. Резултати поређења се уписују у матрице, чији број зависи од броја елеманата (критеријума) на датом нивоу $n \times (n-1)/2$;
4. Рачуна се вектор сопствених вредности матрице;
5. Одређује се вектор приоритета (тежинских коефицијената) w нормализацијом матрице, чиме се заправо одређује вредност критеријума у односу на циљ, односно алтернатива у односу на критеријуме;
6. Рачуна се максимална сопствена вредности матрице $\lambda_{\max}$, на основу чега се рачуна индекс конзистентности CI , $CI = \lambda_{\max} - n / (n-1)$;
7. Степен конзистентности CR се рачуна као однос CI/RI , при чему је RI случајни индекс који зависи од реда матрице (табела 2). CR је

прихватљиво уколико не превазилази 0,10, у супротном матрица је неконзистентна и поређења је потребно поновити.

8. Одређује се коначни вектор приоритета (тежина), множењем тежина алтернатива са тежином критеријума.

Табела 1: Saaty-јева скала вредновања

Table 1: Saaty scale for comparative judgement

Значај Importance	Дефиниција Definition
1	Два елемента су истог значаја
3	Слаба доминантност једног елемента у односу на други
5	Јака доминантност једног елемента у односу на други
7	Демонстрирана доминантност једног елемента у односу на други
9	Апсолутна доминантност једног елемента
2,4,6,8	Међувредности

Табела 2: Вредности случајног индекса RI

Table 2: Random consistency values

Ред матрице Size of matrix	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вредност RI RI values	0.	0.	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49
	0	0								

2.3 Пример примене методе

Табела 3: Дефинисање критеријума и алтернатива

Table 3: Decision criteria and decision alternatives

Критеријуми /Criteria	Алтернативе одлучивања/Decision alternatives				
	Извођач А	Извођач Б	Извођач Ц	Извођач Д	Извођач Е
Радно исуство (РИ) -Бр. год. послована (РИ1) -Бр. успешно реализованих пројеката у претходних 5 год. (РИ2) -Бр. успешно реализовани сличних пројеката у претходне 5 год. (РИ3)	2	4	7	9	15
	4	3	7	7	6
	нема	1	4	5	5
Финансијска стабилност (ФС) (распожива средства и дуговања)	Стабилно	Средње стабилно до стабилно	Стабилно	Стабилно	Средње стабилно до стабилно
Распоживост ресурса (РР) -распоживост -компетентних радника, механизације и опреме	Адекватан капацитет	Адекватан капацитет	Прекорачење капацитета	Прекорачење капацитета	Адекватан капацитет
Организација и репутација понуђача (ОРР) Организационе способности (ОР) Бр. пројеката који нису реализовани успешно услед кашњења или прекорачења буџета (Р)	Добра	Лоша	Добра	Одлична	Прихватљива
	Нема	1	Нема	Нема	1

На основу проучавање литературе (Watt et al. 2010; Holt et al., 1994; Торсу, 2004; Al-Harbi, 2001; Jaskowski et al., 2010; El-Sawalhi et al., 2007; Darwish et al., 2009; Nieto-Morote, Ruz-Vila, 2012) изабрани су следећи критеријуми за вредновање кандидата: радно искуство, финансијска стабилност, техничка могућност (распоживост ресурса) и организација и репутација понуђача. Подкритеријуми су: број година пословања организације; број успешно реализованих пројеката у протеклих 5 година, број успешно реализованих пројеката у протеклих 5 година из области за коју се конкурише и број пројеката који нису реализовани успешно услед кашњења или прекорачење буџета. Пет кандидата А, Б, Ц, Д и Е је вредновано

узимајући у обзир наведене критеријуме који се могу изразити квантитативно или квалитативно као што је приказано у табели 3.

Хијерархијски модел одлучивања са приказаним циљем, критеријумима, подкритеријумима и алтернативама за посматрани проблем у раду је приказан на слици 1.



Слика 1: Хијерархијски модел одлучивања за одабир најповољнијег извођача

Figure 1: Decision hierarchy for selection the most suitable contractor

3. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Резултати поређења значаја критеријума у односу на циљ, подкритеријума у односу на постављене критеријуме, и алтернатива у односу на критеријуме приказани су табеларно. Детаљан поступак примене методе објашњен је на примеру поређења критеријума у односу на постављени циљ. Критеријуми се пореде у паровима користећи Saaty-јеву скалу (табела 1), где се као резултат добијају тежине критеријума, као мерило њиховог значаја. Вредности поређења a_{ij} уписују се у матрицу поређења $A=[a_{ij}]$. На пример, поставља се питање у којој је мери критеријум радно искуство (РИ) важнији од критеријума финансијска стабилност (ФС) за избор извођача радова. Уколико су та два критеријума подједнако важна додељује се вредност 1, уколико је један критеријум слабо доминантан додељује се вредност 3, док се у том случају за други елемент додељује вредност 1/3. У конкретном примеру како слабу доминантност са гледишта доносиоца одлука има финансијска стабилност, у матрици поређења (табели 4.1) на пресеку реда РИ и колоне ФС уписује се вредност 1/3.

Табела 4.1.: Поређење критеријума**Table 4.1.:** *Criteria comparisons*

	РИ	ФС	РР	ОРР
РИ	1	1/3	1	1
ФС	3	1	3	3
ОРР	1	1/3	1	1
ПЦ	1	1/3	1	1

Следећи корак је одређивање вектора сопствених вредности матрице поређења. Сопствена вредност матрице је одређена тако што су сумирани сви елементи колоне који су потом подељени са добијеним збиром, $1/(1+3+1+1)=0,1667$; $3/(1+3+1+1)=0,5000$; $1/(1+3+1+1)=0,1667$; $1/(1+3+1+1)=0,1667$. Вредности редова матрице се на крају сумирају (табела 4.2).

Табела 4.2. Одређивање вектора сопствених вредности матрице и суме редова**Table 4.2:** *Determining the vector of eigenvalues and the sum of the rows*

	РИ	ФС	РР	ОРР	Сума редова
РИ	0,1667	0,1667	0,1667	0,1667	0,6667
ФС	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	2,000
РР	0,1667	0,1667	0,1667	0,1667	0,6667
ОРР	0,1667	0,1667	0,1667	0,1667	0,6667

Нормализација матрице поређења постиже се дељењем сума редова са бројем редова:

$$\frac{1}{4} \begin{bmatrix} 0,6667 \\ 2,000 \\ 0,6667 \\ 0,6667 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,1667 \\ 0,5000 \\ 0,1667 \\ 0,1667 \end{bmatrix}$$

На тај начин се добија вектор сопствених вредности матрице, односно вектор приоритета **w**. Критеријумима РИ, РР И ОРР се додељује тежински коефицијент 0,16667, а критеријуму ФС се додељује 0,5000, при чему је збир свих вектора једнак 1.

Након тога се одређује максимална сопствена вредност матрице $\lambda_{\max}$, множењем матрице где су смештени резултати поређења и тежинских коефицијената w :

$$\begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1 & 1 \\ 3 & 1 & 3 & 3 \\ 1 & 1/3 & 1 & 1 \\ 1 & 1/3 & 1 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0,1667 \\ 0,5000 \\ 0,1667 \\ 0,1667 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,6667 \\ 2 \\ 0,6667 \\ 0,6667 \end{bmatrix}$$

Добијени резултат се дели са вредношћу вектора приоритета, тј. $0,6667/0,1667=4$; $2/0,5=4$; $0,6667/0,1667=4$; $0,6667/0,1667=4$, при чему је $\lambda_{\max} = \frac{4+4+4+4}{4} = 4,0$.

Конзистентност одлучивања се потом проверава, при чему степен конзистентности CR мора бити мањи од $0,10$. Како је $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = 0$, $RI = 0,9$

(табела 2), добија се да је $CR = \frac{CI}{RI} = 0$, услов је задовољен. Исти поступак се примењује и за поређење алтернатива у односу на критеријуме. Сви резултати су приказани у табелама (5.1- 5.3).

Табела 5.1: Поређење критеријума у односу на циљ

Table 5.1: Pairwise comparisons of criteria with respect to goal

	РИ	ФС	РР	ОРР	Тежина w
РИ	1	1/3	1	1	0,1667
ФС	3	1	3	3	0,5000
РР	1	1/3	1	1	0,1667
ОРР	1	1/3	1	1	0,1667
$\lambda_{\max}=4,0$; $CI=0,0$; $RI=0,90$; $CR=0,0 < 0,10$ услов задовољен					

Табела 5.2: Поређење подкритеријума

Table 5.2: Pairwise comparisons of subcriteria

РИ	РИ1	РИ2	РИ3	Тежина w
РИ1	1	1/3	1/3	0,1415
РИ2	3	1	1/2	0,3338
РИ3	3	2	1	0,5247
$\lambda_{\max}=3,0538$; $CI=0,0269$; $RI=0,58$; $CR=0,0464 < 0,10$ услов задовољен				

ОРР	ОР	Р	Тежина w
ОР	1	1	0,50
Р	1	1	0,50
$\lambda_{\max}=2,00$; $CI=0,0$; $RI=0,0$; $CR=0 < 0,10$ услов задовољен			

Табела 5.3: Поређење алтернатива у паровима у односу на РИ1, РИ2, РИ3, ФС, РР, ОР, Р

Table 5.3: Pairwise comparisons of alternatives with respect to РИ1, РИ2, РИ3, ФС, РР, ОР, Р

РИ1	Извођач А	Извођач Б	Извођач Ц	Извођач Д	Извођач Е	Тежина w
Извођач А	1	1/2	1/4	1/5	1/7	0,0464
Извођач Б	2	1	1/3	1/4	1/5	0,0743
Извођач Ц	4	3	1	1/2	1/5	0,1490
Извођач Д	5	4	2	1	1/4	0,2200
Извођач Е	7	5	5	4	1	0,5103
$\lambda_{\max}=5,2416$; $CI=0,0604$; $RI=1,12$; $CR=0,0539 < 0,10$ услов задовољен						

РИ2	Извођач А	Извођач Б	Извођач Ц	Извођач Д	Извођач Е	Тежина w
Извођач А	1	2	1/4	1/4	1/3	0,0853
Извођач Б	1/2	1	1/5	1/5	1/4	0,0558
Извођач Ц	4	5	1	1	2	0,3300
Извођач Д	4	5	1	1	2	0,3300
Извођач Е	3	4	1/2	1/2	1	0,1987
$\lambda_{\max}=5,0557$; $CI=0,0139$; $RI=1,12$; $CR=0,0124 < 0,10$ услов задовољен						

РИЗ	Извођач А	Извођач Б	Извођач Ц	Извођач Д	Извођач Е	Тежина w
Извођач А	1	1/3	1/5	1/6	1/6	0,0433
Извођач Б	3	1	1/6	1/7	1/7	0,0641
Извођач Ц	5	6	1	1/3	1/3	0,1815
Извођач Д	6	7	3	1	1	0,3556
Извођач Е	6	7	3	1	1	0,3556
$\lambda_{\max}=5,3636$; $CI=0,0909$; $RI=1,12$; $CR=0,0811 < 0,10$ услов задовољен						

ФС	Извођач А	Извођач Б	Извођач Ц	Извођач Д	Извођач Е	Тежина w
Извођач А	1	4	1	1	4	0,2857
Извођач Б	1/4	1	1/4	1/4	1	0,0714
Извођач Ц	1	4	1	1	4	0,2857
Извођач Д	1	4	1	1	4	0,2857
Извођач Е	1/4	1	1/4	1/4	1	0,0714
$\lambda_{\max}=5,0$; $CI=0,0$; $RI=1,12$; $CR=0,0 < 0,10$ услов задовољен						

РР	Извођач А	Извођач Б	Извођач Ц	Извођач Д	Извођач Е	Тежина w
Извођач А	1	1	1/2	1/2	1	0,1429
Извођач Б	1	1	1/2	1/2	1	0,1429
Извођач Ц	2	2	1	1	2	0,2857
Извођач Д	2	2	1	1	2	0,2857
Извођач Е	1	1	1/2	1/2	1	0,1429
$\lambda_{\max}=5,0$; $CI=0,0$; $RI=1,12$; $CR=0,0 < 0,10$ услов задовољен						

ОР	Извођач А	Извођач Б	Извођач Ц	Извођач Д	Извођач Е	Тежина w
Извођач А	1	3	1	1/3	3	0,1952
Извођач Б	1/3	1	1/3	1/5	1	0,0736
Извођач Ц	1	3	1	1/3	3	0,1952
Извођач Д	3	5	3	1	5	0,4624
Извођач Е	1/3	1	1/3	1/5	1	0,0736
$\lambda_{\max}=5,0555$; $CI=0,0139$; $RI=1,12$; $CR=0,0124 < 0,10$ услов задовољен						

Р	Извођач А	Извођач Б	Извођач Ц	Извођач Д	Извођач Е	Тежина w
Извођач А	1	5	1	1	5	0,2941
Извођач Б	1/5	1	1/5	1/5	1	0,0588
Извођач Ц	1	5	1	1	5	0,2941
Извођач Д	1	5	1	1	5	0,2941
Извођач Е	1/5	1	1/5	1/5	1	0,0588
$\lambda_{\max}=5,0$; $CI=0,0$; $RI=1,12$; $CR=0,0 < 0,10$ услов задовољен						

Синтеза резултата као завршна фаза АХП методе, подразумева множење вектора тежинских коефицијената алтернатива са тежинских коефицијентима критеријума. Односно, како су издвојени подкритеријуми, најпре се множе тежине подкритеријума са тежином критеријума (Табела 6).

Табела 6. Вредности тежина критеријума

Table 6. Criteria weights

Критеријуми	Тежине
РИ1	0,0237
РИ2	0,0556
РИ3	0,0875
ФС	0,5000
РР	0,1667
ОР	0,0834
Р	0,0834
Σ	=1,00

Након овог корака добијене вредности се множе са тежином алтернатива и добија се приоритет кандидата (Слика 2).

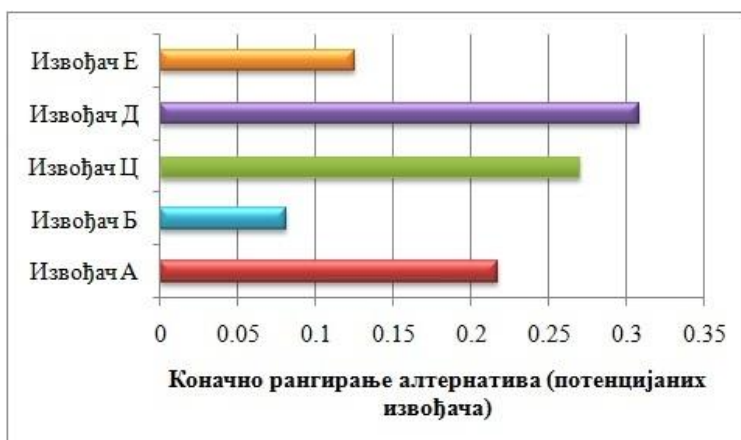
$$\text{ИзвођачА} = 0,0237 * 0,0464 + 0,0556 * 0,0853 + 0,0875 * 0,0433 + 0,5000 * 0,2857 + 0,1667 * 0,1429 + 0,083 * 0,1952 + 0,0834 * 0,2941 = 0,2171$$

$$\text{ИзвођачБ} = 0,0239 * 0,0743 + 0,0556 * 0,0558 + 0,0875 * 0,0641 + 0,5000 * 0,0714 + 0,1667 * 0,1429 + 0,083 * 0,0736 + 0,0834 * 0,0588 = 0,0810$$

$$\text{ИзвођачС} = 0,0239 * 0,0464 + 0,0556 * 0,0853 + 0,0875 * 0,0433 + 0,5000 * 0,2857 + 0,1667 * 0,1429 + 0,083 * 0,1952 + 0,0834 * 0,2941 = 0,2690$$

$$\text{ИзвођачД} = 0,0239 * 0,0464 + 0,0556 * 0,0853 + 0,0875 * 0,0433 + 0,5000 * 0,2857 + 0,1667 * 0,1429 + 0,083 * 0,1952 + 0,0834 * 0,2941 = 0,3082$$

$$\text{ИзвођачЕ} = 0,0239 * 0,0464 + 0,0556 * 0,0853 + 0,0875 * 0,0433 + 0,5000 * 0,2857 + 0,1667 * 0,1429 + 0,083 * 0,1952 + 0,0834 * 0,2941 = 0,1248$$

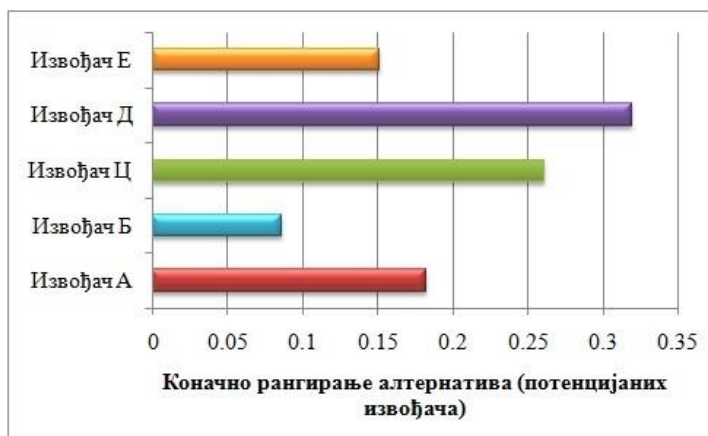


Слика 2: Резултати синтезе са рангирањем кандидата
Figure 2: Results of synthesis showing ranking of alternatives

Најбољи избор извођача применом АХП методе је кандидат - извођач Д, који се карактерише стабилним финансијским стањем, капацитетом ресурса који превазилази захтевани капацитет, највећим бројем успешно реализованих пројеката у последњих 5 година, што су били главни критеријуми за вредновање кандидата. Односно, овим критеријумима је додељен највећи значај. Извођач Ц је рангиран као следећи по квалификацији, па извођач А, извођач Е и на крају је извођач Б. Разлог ниског рангирања кандидата Б је мали број реализованих пројеката као и лоша организација која може бити разлог за елиминацију овог кандидата. Извођач Е је и поред задовољавајућег броја реализованих пројеката рангиран тако да је на најнижим лествицама хијерархије, а разлог томе су критеријуми: финансијска стабилност, организација и расположивост ресурса по којима су остали кандидати рангирани као бољи.

Проверу осетљивости резултата може се извршити променом значаја, односно тежине одређених критеријума. Уколико се претпостави да сви критеријуми имају исти значај, тада ће сви они имати тежинску вредност 0,25 при чему ранг кандидата одговара почетном рангирању (слика 3).

Оно што се може закључити јесте да су најприхватљивији кандидати: кандидат Д и кандидат Е.



Слика 3: Сензитивна анализа: рангирање кандидата када су сви критеријуми истог значаја

Figure 3: Sensitivity analysis: candidate ranking when all criteria has the same weight

4. ЗАКЉУЧЦИ

Радови на уређењу бујичних сливова и заштити земљишта од ерозије треба да буду изведени у планираном времену, у оквиру раслопоживих финансијских средстава и према захтеваним стандардима. Да би се овај циљ у процесу реализације пројеката остварио посебно је важан правилан избор извођача. Истраживање у раду се односи на избор извођача радова применом методе Аналитички хијерархијски процеси. Ова метода разматра више критеријума (квантитативни и квалитативни) и омогућава рашчлањавање проблема у виду хијерархије. Применом ове методе превазилази се једнокритеријумски избор извођача који се најчешће базира на минимално понуђеној цени (Zlatanović, Stefanović, 2005).

Процедура која се предлаже је вредновање кандидата на основу њихове квалификације, односно, искуста, референца, репутације итд. У питању је фаза предквалификације која претходи разматрању понуда кандидата. На редослед рангирања кандидата утиче значај критеријума, односно тежина која им се додељује. На конкретном примеру је приказан поступак утврђивања ранга кандидата као и сензитивност резултата која се постиже променом значаја критеријума.

Након фазе предквалификације, критеријум за даље рангирање је понуђена цена, која може бити одлучујућа за избор кандидата. Даље рангирање, као и могућност поређење АХП методе са неким другим методама вишекритеријумског одлучивања сматрамо интересантним и значајним за нека будућа истраживања.

5. НАПОМЕНА

Овај рад је реализован у оквиру пројекта „Истраживање климатских промена на животну средину: праћење утицаја, адаптација и ублажавање“ (43007), подпројекат бр. 16: „Социо-економски развој, ублажавање и адаптација на климатске промене“, који финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије у оквиру програма Интегралних и интердисциплинарних истраживања за период од 2011 до 2014. године

6. ЛИТЕРАТУРА

- (2009): Закон о планирању и изградњи (“Сл. гласник РС”, број 72/2009, 81/2009 – испр., 64 /2010 – одлука УС и 24/2011)
- Al-Harbi K.M. Al-Subhi (2001): Appliaction of the AHP in Project Management, International Journal of Project Management, Vol. 19, Issue 1, pp. 19-27, Pergamon, United Kingdom
- Cheng E.W.L., Li H. (2004): Contractor selection using the analytic network process, Construction management and economics, Vol. 22, Issue 10, pp. 1021-1032, Routledge, United Kingdom
- Darvish, M., Yasaei, M., Saeedi, A. (2009): Application of the graph theory and matrix methods to contractor ranking, International Journal of Project Management, Vol.27, Issue 6, pp. 610-619, Pergamon, United Kingdom
- El-Sawalhi, N., Eaton, D., Rustom, R. (2007): Contractor pre-qualification model: State-of-the-art, International Journal of Project Management, Vol. 25, Issue 5 pp. 465-474, Pergamon, United Kingdom
- Fong P.S.-W., S.K.-Y. (2000): Final contractor selection using the Analytical Hierarchy Process, Vol. 18, issue 5, pp. 547-557, Routledge, United Kingdom
- Holt, G.D. (1998): Which contractor selection methodology?, International Journal of Project Management, Vol. 16, No. 3, 153-164, Pergamon, United Kingdom
- Holt, G.D., Olomolaiye, P.O and Harris, F.C. (1994): Evaluating prequalification criteria in contractor selection, Building and Environment, vol. 29, issue 4, 437-448, Pergamon, United Kingdom
- Jaskowski P., Biruk S., Bucon R. (2010): Assessing contractor selection criteria weights fuzzy AHP method application in group decision environment, Automation in Construction, Vol.19, Issue 2 pp.120-126, Elsevier BV, Netherlands
- Natush, Z., Skitmore, M. (1997a): Criteria for contractor selection, Construction Management and Economics, Vol.15 Issue 1, pp. 19-38, Routledge, United Kingdom
- Natush, Z., Skitmore, M. (1997b): Assessment and evaluation of contractor data against client goals using PERT approach, Construction Management and Economic, Vol. 15, issue 4, pp. 327-340, Routledge, United Kingdom

- Natush, Z., Skitmore, M. (1998): Contractor selection using Multicriteria Utility Theory: An Additive Model, *Building and Environment*, Vol. 33, Issue. 2-3, pp. 105-115, Pergamon, United Kingdom
- Nieto-Morote A., Ruz-Vila F. (2012): A fuzzy multi criteria decision-making model for construction contractor prequalification, *Automation in Construction*, Vol. 25, pp. 8-9
- Palaneeswaran E., Kumaraswamy M. (2001): Recent advances and proposed improvements in contractor prequalification methodologies, *Building and Environment*, Vol. 36, issue 1, pp. 73-87, Pergamon, United Kingdom
- Saaty, T.L., Vargas, L.G. (2009): Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process, Kluwer Academic Publishers, Netherlands
- Singh, D., Tiong, R.L.K. (2006): Contractor selection criteria: investigation of opinions of Singapore construction practitioners, *Journal of Construction Engineering & Management*, 132, issue 9, 998-1008, American Society and Civil Engineers, United States
- Topcy, Y.I. (2004): A decision model proposal for construction contractor selection in Turkey, *Building and Environment*, Vol. 39, issue 4, pp.469-481, Pergamon, United Kingdom
- Watt, D.J., Kayis, B., Willey, K. (2010): The relative importance of tender evaluation and contractor selection criteria, *International Journal of Project Management*, Vol. 28, Issue 1, pp. 51-60, Pergamon, United Kingdom
- Wong, C.H., Nicholas, J., Holt, G.D. (2003): Using multivariate techniques for developing contractor classification models, *Engineering Construction and Architectural Management*, Vol. 10, Issue 2, pp. 99-116, Emerald Publishing Limited, United Kingdom DOI:[10.1108/09699980310466587](https://doi.org/10.1108/09699980310466587) (Permanent URL)
- Yang, J.-B., Wang, W.C. (2003): Contractor selection by the most advantageous tendering approach in Taiwan, *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, vol. 26, No.3, pp.381-387, Chinese Institute of Engineers, Taiwan, Republic of China
- Zala, M.I., Bhatt, R.B. (2011): An approach of contractor selection by Analytical Hierarchy Process, *National Conference on Recent Trends in Engineering and Technologies*, Anand, Gujarat, India
- Zavadskas E.K, Vilutienė, T. (2006): A multiple criteria evaluation of multi-family apartment block maintenance contractors: I – Model for maintenance contractor evaluation and the determination of the selection criteria, *Building and Environment*, Vol. 41, issue 5, pp. 621-632, Pergamon, United Kingdom
- Zlatanović, M., Stefanović, B. (2005): Modeli izbora izvođača radova investicionih objekata šumskog inženjeringa, *Šumarstvo*, Vol. 57, br. 1-2, str. 11-20, Šumarstvo

MULTI CRITERIA ANALYSIS OF CONTRACTOR SELECTION FOR EROSION CONTROL WORKS

Tijana Andrijanić, Nada Dragović

¹University of Belgrade, Faculty of Forestry

SUMMARY

Successful realization of erosion and torrent control projects means to complete projects on time, under budget and respecting prescribed standard quality. In the order to obtain this goal a decision about the best contractor has to be made. Different procedures and criteria can be used for carrying out this decision. Widely used approach in the past for contractor selection are based on one criteria – the lowest bid price, which is one of the major causes of project delivery problems. Application of methods which considere multiple criteria, makes it possible to overcome this problem. In this paper, Analytical hierarchy process (AHP), a multi-criteria decision method is used for potential candidate ranking. Five criteria are used to select the most suitable candidate, namely: working experience, financial stability, resource capacity, organizational capability and reputation. A decision maker (i.e. a client or their representative) gives the weights to each criterias according to their contribution to the selection of the best contractor. The results of applied method indicate that the best candidates are contractor D and contractor E. Sensitive analysis of results confirmed the order of candidate ranking. The reason for high ranking of these candidates are stable financial situation, adequate resource capacity and the highest number of successfully completed projects in the last 5 years.