



[5] 2017 5[1]

АГГ+ часопис за архитектуру, грађевинарство, геодезију и сродне научне области
ACEG+ Journal for Architecture, Civil Engineering, Geodesy and other related scientific fields

016-025 **Оригинални научни рад** | Original scientific paper
UDK | UDC 519.816:001.091
DOI 10.7251/AGGPLUS1705016P
Рад примљен | Paper received 12/02/2017
Рад прихваћен | Paper accepted 29/03/2017

Драган Памучар

*Универзитет одбране у Београду, Војна академија, Павла Јуришића Штурма 33, Београд, Србија,
dragicar@gmail.com*

ПОРЕЂЕЊЕ РАНГОВА
АЛТЕРНАТИВА У ПРОЦЕСУ
ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКОГ
ОДЛУЧИВАЊА

THE COMPARISON OF
RANKS OF ALTERNATIVES IN
A MULTICRITERIA DECISION-
MAKING PROCESS

Оригинални научни рад
Original scientific paper
Рад прихваћен | Paper accepted
29/03/2017
UDK | UDC
519.816:001.091
DOI
10.7251/AGGPLUS1705016P

Драган Памучар

Универзитет одбране у Београду, Војна академија, Павла Јуришића Штурма 33, Београд, Србија,
draticar@gmail.com

ПОРЕЂЕЊЕ РАНГОВА АЛТЕРНАТИВА У ПРОЦЕСУ ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКОГ ОДЛУЧИВАЊА

АПСТРАКТ

У раду је описано вредновање и рангирање варијанти организационе структуре управних органа логистике у Војсци Србије. Вредновање је извршено применом метода вишекритеријумске оптимизације TOPSIS, PROMETHEE 2, Fuzzy AHP и FLD metode. Предложене су четири варијанте организационе структуре и избор оптималне варијанте извршен је у односу на осам критеријума. Међутим, различите вишекритеријумске методе дају различите резултате рангирања. Одступања међу ранговима анализирана су применом корелационе анализе.

Кључне речи: вишекритеријумско одлучивање, одлучивање, корелација рангова.

THE COMPARISON OF RANKS OF ALTERNATIVES IN A MULTICRITERIA DECISION-MAKING PROCESS

ABSTRACT

The paper presents an evaluation and ranking of organizational structure variants of logistics administrative bodies in the Serbian Army. The evaluation was done by multicriteria decision-making methods TOPSIS, PROMETHEE 2, Fuzzy AHP and FLD. Four versions of the organizational structure were proposed and an optimal variant selection was made in relation to eight criteria. However, different multicriteria methods give different ranking results. Deviations among the ranks are determined by correlation analysis.

Key words: multicriteria decision-making process, decision-making process, rank correlation

1. УВОД

Упоредо с развојем теорије одлучивања, развијала се и теорија вредновања. У теорији вредновања посебно су се развијале методе и поступци. При томе су различити циљеви вредновања и друге разлике у читавом поступку утицали на развијање различитих метода прилагођених различитим ситуацијама.

Методе развијене у једној области вредновања, касније су налазиле широку примену у другим областима, па и војсци. Данас савремена рачунарска техника уводи нове методе и рачунарске програме за њихову примену.

Математичке методе вредновања групишу се на више начина. Једна од најважнијих подела је:

- једнокритеријумске математичке методе, које у поступку вредновања користе само један критеријум и
- вишекритеријумске математичке методе, које у поступку вредновања уводе више критеријума.

Једнокритеријумске и вишекритеријумске математичке методе имају највећу примену и користе их у процесу доношења одлука јединице Војске Србије.

У наредном делу рада биће приказане основне поставке једнокритеријумских и вишекритеријумских метода које се најчешће користе у процесу доношења одлука у Војсци Србије. Предложен је начин њиховог поређења и синтезе резултата, а затим је дат пример примене на проблем вредновања алтернатива организационе структуре управних органа логистичке подршке. Добијени резултати вредновања по више метода и поступак синтезе резултата показују како се вишекритеријумском анализом могу добити меродавне оцене варијанти организационе структуре и те оцене мерити на јединственој скали вредности.

2. ЈЕДНОКРИТЕРИЈУМСКЕ МАТЕМАТИЧКЕ МЕТОДЕ

Заједничка одлика ових метода је што се алтернативе вреднују увек по једном критеријуму. То је њихов недостатак, али уједно и предност, јер се поступак поједностављује. Закључивање на основу само једног критеријума могуће је само ако су неке од улазних величина у свим варијантама једнаке, односно ако се могу подвргнути само једном критеријуму.

Методе из групе једнокритеријумског одлучивања карактерише добијање оптималног решења које екстремизира једну критеријумску функцију уз присуство одговарајућег скупа ограничења. За већину ових метода сматра се да је њихов даљи развој завршен [6].

У категорију једнокритеријумских метода одлучивања које доносиоци одлука могу користити у свом раду, спадају [6]:

- техника мрежног планирања,
- линеарно програмирање,
- транспортне методе,
- теорија игара и
- масовно опслуживање.

3. ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКЕ МАТЕМАТИЧКЕ МЕТОДЕ

Вишекритеријумско одлучивање односи се на ситуације одлучивања када је присутан већи број критеријума, који могу бити и конфликтни. То је највећа предност вишекритеријумског одлучивања, јер је у пракси врло мали број проблема на које има утицаја само један фактор, односно у чију оптимизацију би се укључио само један критеријум. Основни циљ вишекритеријумских метода је одређивање приоритета између појединих варијанти или критеријума у ситуацијама где учествује већи број доносилаца одлуке, где је присутан већи број критеријума одлучивања и у вишеструким временским периодима.

Постоје разни начини класификације метода вишекритеријумског одлучивања. Међутим, класификација ових метода по тим начинима се често избегава јер су модели по којима ове методе раде доста слични, па се прибегава само њиховом набрајању.

Најчешће коришћене методе су:

- метода бодовања,
- метода ELECTRE,
- метода PROMETHEE,
- метода TOPSIS,
- метода АНР (аналитичких хијерархијских процеса),
- fuzzy вишекритеријумско одлучивање,
- ANFIS (Adaptive neuro-fuzzy modeli) модели,
- модели засновани на неуронским мрежама и
- модели засновани на фазификацији већ постојећих метода вишекритеријумског одлучивања.

Избор метода вредновања зависи од:

- карактера, односно значаја одлуке која се доноси на основу вредновања,
- места на којима се доноси одлука,
- врсте одлуке ради које се врши вредновање и
- начина финансирања спровођења новог решења (конструкције финансирања).

Доношење одлука најчешће значи вредновање скупа могућих решења или алтернатива. Када се вредновање врши у односу на један критеријум, одређује се решење (алтернатива) које екстремизира циљну функцију, а поступак се означава као једнокритеријумска оптимизација, или само оптимизација. Ствари се компликују када има два или више критеријума, и када уместо оптималног треба наћи најбоље решење. Сваки вид обједињавања критеријума у један (потпуна скаларизација) и свођење задатка на једнокритеријумски уноси недостатке који лимитирају домете анализе и тачност резултата. Уместо потпуне скаларизације, вишекритеријумски проблем се најчешће третира у оригиналном облику, а ниво скаларизације циљне функције контролише доносилац одлука или аналитичар. Другим речима, доносилац одлука најчешће међусобно вреднује критеријуме, или им директно даје рангове значајности и тако обликује циљну функцију по сопственим преференцама.

Било да то чини индиректно или директно, у датој фази процеса одлучивања формира се матрица алтернатива и критеријума која се подвргава анализи и обради да би се из ње добиле тежинске оцене алтернатива на основу којих се алтернативе рангирају.

Тежинске оцене и рангови могу се користити појединачно или интегрално, у зависности од врсте проблема. Ако се тражи само најбоља алтернатива, обично је довољно само рангирање. Када се ради о алокационим проблемима, тежинске оцене могу означавати пропорције алокације ресурса према ранговима алтернатива. Трећи случај је да се жели идентификација првих неколико најбољих алтернатива и степен њиховог учешћа у укупној алокацији ресурса.

Вишеструки критеријуми и хијерархијске структуре део су сложеног амбијента са којим се аналитичари срећу у третирању проблема доношења одлука и креирању квалитетних метода за њихово решавање у пракси. Присуство различитих критеријума, од којих неке треба максимизирати а неке минимизирати, значи да се одлуке доносе у конфликтним условима и да се морају применити инструменти који су флексибилнији од строго математичких техника везаних за чисту оптимизацију.

За такве задатке развијене су специјалне технике анализе и решавања, међу којима су најзначајније *PROMETHEE* [5], *ELECTRE* [16], *AHP* [18], *TOPSIS* [9] и *CP* [22]. Наведене технике спадају у категорију метода меке оптимизације, пошто, поред математичких структура и инструмената, користе хеуристичке параметре, мере растојања, скале вредности итд.

У новије време паралелно се користе стандардне и fuzzy верзије метода да би се обухватио комплекс проблема повезаних са људском субјективношћу, експертским знањем и склоношћу да се користе вербалне уместо бројчаних оцена [20, 1, 7, 19].

Методе којима се моделирају субјективизам, апроксимативно резонување и експертско знање доносиоца одлука, као и разни облици хеуристике, само су део релативно новог амбијента одлучивања у Војсци Србије. Тај амбијент је донео и нову терминологију и на одређен начин нову примену математике и теорије оптимизације у реалним условима планирања и одлучивања. Данас се у Војсци Србије паралелно користе стандардне, fuzzy верзије вишекритеријумских метода, али се развијају и нови модели вишекритеријумског одлучивања који су засновани на fuzzy логичком моделирању и неуро-fuzzy моделирању [11, 3, 12, 13, 14, 4]. Моделовањем fuzzy логичких система и обучавањем неуро-fuzzy модела добијају се веома моћни алати за доношење одлука који су базирани на искуственим знањима официра Војске Србије. Моделовањем оваквих система искуствена знања официра преточена су у аутоматску стратегију управљања (одлучивања). Fuzzy скупови омогућавају квантификацију лингвистичких тј. квалитативних и непрецизних информација. Зато се Fuzzy резонување све више у Војсци Србије користи као техника којом се описна хеуристичка правила преводе у аутоматску стратегију управљања тј. одлучивања.

До примене fuzzy теорије и fuzzy скупова [21] у вишекритеријумском одлучивању дошло је зато што доносилац одлука често поступа у условима неодређености или тзв. парцијалних истина. Фазификација стандардних вишекритеријумских метода извршена је тако што су за одређивање fuzzy тежинских вредности критеријума и алтернатива коришћени троугаони fuzzy бројеви јер су једноставнији од трапезних, а у целини је, наравно, коришћена fuzzy аритметика.

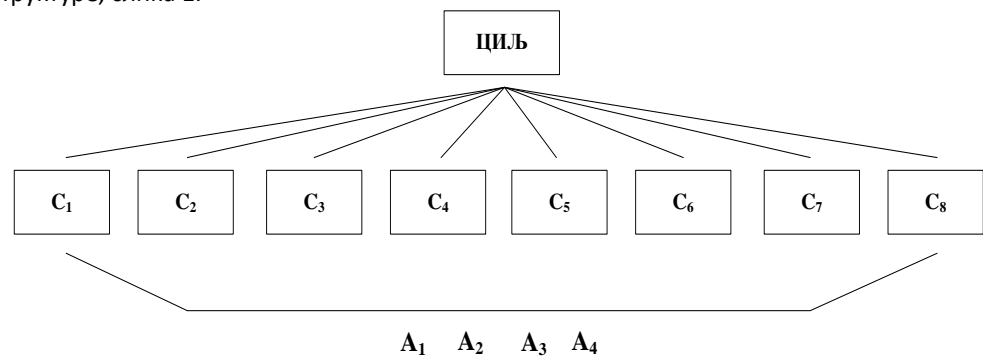
За потребе истраживања у Војсци Србије [10] развијена је нова метода fuzzy вишекритеријумског одлучивања. Развијена метода заснива се на вредновању алтернатива применом fuzzy лингвистичких дескриптора и знатно поједностављује

поступак рангирања алтернатива у ситуацијама када постоји велики број карактеристика и параметара одлучивања.

У наредном делу рада биће приказани резултати вредновања алтернатива организационе структуре управних органа логистике у Војсци Србије применом метода fuzzy АНР, TOPSIS, PROMETHEE 2 и вредновање алтернатива применом fuzzy лингвистичких дескриптора (ФЛД).

4. ВРЕДНОВАЊЕ ВАРИЈАНТИ ОРГАНИЗАЦИОНЕ СТРУКТУРЕ УПРАВНИХ ОРГАНА ЛОГИСТИКЕ

Полазећи од дефинисаних циљева функционисања управних органа логистике, приступа организовању управљачких структура и организација, као и модела организовања логистичких органа страних армија, дефинисане су четири варијанте организације управних органа логистике. Вредновање варијанти извршено је на основу критеријума који су идентификовани на основу истраживања које је описано у [10]. Треба вредновати скуп могућих алтернатива на задате критеријуме, при чему се и критеријуми претходно вреднују у односу на глобални циљ дефинисан као оптимална варијанта организационе структуре, слика 1.



Слика 1. Хијерархијска структура проблема

Алтернативе:

A₁: Постојећа организација управних органа логистике

A₂: Организација управних органа логистике на функционалном принципу

A₃: Организација управних органа логистике заснована на процесима менаџмента

A₄: Организација управних органа логистике по НАТО принципу.

Као коначни резултат рангирања алтернатива применом наведених метода добијају се рангови који су изражени кроз вредности критеријумских функција, табела 1.

Табела 1. Рангови алтернатива по различитим методама

Алтернативе	Методe									
	Fuzzy AHP				TOPSIS	PROMET HEE	FLD			Ранг
	$\lambda=0.0$	$\lambda=0.5$	$\lambda=1.0$	Ранг			$\lambda=0.0$	$\lambda=0.5$	$\lambda=1.0$	
A ₁	0.205	0.212	0.220	4	2	3	0.205	0.212	0.220	4
A ₂	0.285	0.295	0.305	1	1	1	0.285	0.295	0.305	1
A ₃	0.210	0.220	0.230	3	4	4	0.210	0.220	0.230	2
A ₄	0.245	0.255	0.265	2	3	2	0.245	0.255	0.265	3

Сви методи идентификују алтернативу 2 као најбољу. Алтернатива 4 је код свих метода на другом или трећем месту, алтернатива 3 је код свих метода на трећем или четвртном месту. Резултати рангирања могу се искористити за добијање синтетичке оцене о редоследу алтернатива. Ако се за референтна четири метода саберу добијени рангови и алтернативе поређају према растућим збировима, коначни редослед је: A₂, A₃, A₄, A₁. Уочава се да је овај редослед добијен само применом ФЛП методе.

Међутим, као што се види из табеле 1, различите вишекритеријумске методе дају различите резултате рангирања. Разлике рангова изведених по различитим методима третирају се у многим радовима [15, 23]. Када се говори о конфликту рангова [16], најчешће се ради о разликама метода по којима су рангови добијени. Због тога аутори углавном избегавају фаворизовање било које методе и анализирају разлоге различитог рангирања.

Према [8] најбоље је користити неколико метода, идентификовати најбоље рангиране алтернативе и доносиоцу одлука предочити разлоге одступања међу ранговима. На основу тога коначну одлуку о томе који ће метод и рангови бити усвојени препустити доносиоцу одлука. Овакав приступ биће коришћен и у овом раду.

Пошто у реалним условима доношења одлука није могуће говорити о најбољој ранг листи алтернатива, у раду је примењен рационалан прилаз да се листа добијена једном методом усвоји као референтна, а да се резултати осталих метода упореде са референтном листом и изврши синтеза такве анализе.

Корелационом анализом показује се степен зависности између променљивих, односно, корелацијом се мери јачина већ утврђене повезаности између две променљиве. Степен интензитета повезаности између променљивих које су у линеарном односу, мери се:

- коваријансом као апсолутном мером интензитета корелације и
- коефицијентом просте линеарне корелације, као релативном мером интензитета корелационе везе.

Коваријанса представља заједничку меру варијабилности, једне и друге варијабле, па се математички може представити као збир варијанси једне и друге варијабле:

$$C_{xy} = SD_x^2 + SD_y^2 \rightarrow C_{xy} = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n} + \frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n} \quad (1)$$

Из претходног израза добија се формула за коваријансу:

$$C_{xy} = \frac{\sum xy}{n} - \bar{x} \bar{y} \quad (2)$$

где је n величина узорка, односно, број корелираних парова вредности.

Међутим, коваријанса као апсолутна мера степена повезаности није погодна за процену, па се приступа израчунавању релативне мере, тј. израчунава се коефицијент прости линеарне корелације.

4.1.1. 2.1. Pearson-ов коефицијент

Коефицијент прости линеарне корелације или Pearson-ов коефицијент представља коваријансу изражену у јединицама стандардних девијација обеју варијабли. Израчунава се као количник између коваријансе и производа стандардних девијација једне и друге варијабле, па је његова формула:

$$r_{xy} = \frac{C_{xy}}{SD_x \cdot SD_y} = \frac{\text{коваријанса}}{\text{производ стандардних девијација } x \text{ и } y} \quad (3)$$

где се производи стандардних девијација добијају применом једначина

$$SD_x = \sqrt{\frac{\sum x^2}{n} - \bar{x}^2}, \quad SD_y = \sqrt{\frac{\sum y^2}{n} - \bar{y}^2} \quad (4)$$

Коефицијент прости линеарне корелације показује степен зависности између променљивих и он одређује величину дисперзије (растурања) података око регресионе линије. Коефицијент корелације има вредност која се креће у интервалу $[-1, 1]$.

Ако варијабле нису повезане, дисперзија око регресионе линије је велика. Са повећањем линеарне повезаности, дисперзија се смањује. Ако између две променљиве постоји апсолутно слагање, сви подаци леже на регресионој линији.

4.1.2. 2.2. Spearman-ов коефицијент

Главни проблем у анализи конфликта рангова је мала величина узорка, која лимитира употребу статистичких техника. Једна од малобројних могућности је коришћење Spearman-овог коефицијента, којим се и на мањем узорку исказује степен корелације рангова.

Spearman-ов коефицијент ранг корелације је непараметријски еквивалент Pearson-овом коефицијенту линеарне корелације. Разлика је у томе што се рачунске операције не

изводе из нумеричких вредности зависне и независно променљиве појаве, већ из њихових релативних односа тј. рангова.

Spearman-ов коефицијент примењујемо ако је испуњен један или више следећих услова:

- барем једна од варијабли, X или Y , мерена је ординалном скалом,
- ниједна од варијабли, X или Y , нема нормалну дистрибуцију,
- ако је узорак мали и
- када повезаност између две варијабле није линеарна.

Spearman-ов коефицијент дефинише меру сличности рангирања по различитим методима. Ако су U_a и V_a рангови добијени за алтернативу A_i по две различите методе, Spearman-ов коефицијент рачуна се применом релације

$$R = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n D_a^2}{n(n^2 - 1)} \in [-1, 1] \quad (5)$$

где је D_a разлика U_a и V_a , а n је број алтернатива. Вредност Спирмановог коефицијента може да варира између теоријских вредности у интервалу $[-1, 1]$. Када се вредност приближава броју један, индикација је да су рангови слични или исти, а када је вредност мања од нуле и приближава се броју минус један, рангови су обрнути, односно негативно корелисани.

Разлика између Pearson-овог коефицијента прости линеарне корелације и Spearman-овог коефицијента ранг корелације јесте у томе што Spearman-ов коефицијент може да се израчунава из података када је мерење вршено на ординалној скали.

Spearman-ов коефицијент може да замени Pearson-ов, ако се интервални подаци преведу у ординалне, тј. ако се рангирају по величини. Ако су подаци дати у ординалној скали, може да се примени само Spearman-ов коефицијент.

Статистичка снага Pearson-овог коефицијента је знатно већа него Spearman-овог, па зато, ако су подаци дати интервално, предност треба дати Pearson-овом коефицијенту, а Spearman-ов због лакоће израчунавања применити као пилот пробу.

У нашем истраживању се ради о варијаблама које су мерене ординалном скалом и које немају нормалну дистрибуцију, а пред тога повезаност између варијабли није линеарна. Због тога ће се за израчунавање коефицијента корелације *између рангова алтернатива организационе структуре управних органа логистике користити Spearman-ов коефицијент.*

У табели 2. извршена је анализа ранжираних алтернатива и коначна синтеза рангова применом Spearman-овог коефицијента.

Табела 2. Вредности Спирмановог коефицијента корелације рангова

Методе	Методе			TOPSIS	PROMETHEE	FLD		
	Fuzzy AHP					$\lambda=0.0$	$\lambda=0.5$	$\lambda=1.0$
	$\lambda=0.0$	$\lambda=0.5$	$\lambda=1.0$					
Fuzzy AHP ($\lambda=0.0$)	1.00	1.00	1.00	0.40	0.80	0.80	0.80	0.80
Fuzzy AHP ($\lambda=0.5$)		1.00	1.00	0.40	0.80	0.80	0.80	0.80
Fuzzy AHP ($\lambda=1.0$)			1.00	0.40	0.80	0.80	0.80	0.80
TOPSIS				1.00	0.80	0.20	0.20	0.20
PROMETHEE					1.00	0.40	0.40	0.40
FLD ($\lambda=0.0$)						1.00	1.00	1.00
FLD ($\lambda=0.5$)							1.00	1.00
FLD ($\lambda=1.0$)								1.00

Из Табеле 2 види се да Спирманов коефицијент за све методе варира од 0.2 до 1, што указује на позитивну корелацију. Између PROMETHEE 2 и Fuzzy AHP је висока позитивна корелација ($P=0.8$), као и између Fuzzy AHP и ФЛД. PROMETHEE 2 је добро корелисан и са ФЛД ($P=0.40$). Најнижа корелација је између PROMETHEE 2 и ФЛД. Пошто је Спирманов коефицијент висок за највећи број парова метода, закључак је да је процес вредновања био конзистентан и да коначни рангови алтернатива не одступају битно од метода до метода.

5. ЗАКЉУЧАК

У процесима доношења одлука у војној организацији све се више користе специјалне методе за вишекритеријумску анализу и индиректну оптимизацију. Методе којима се моделирају субјективизам, апроксимативно резонување и експертско знање доносиоца одлука, као и разни облици хеуристике, само су део релативно новог амбијента који је донео и нову терминологију и на одређен начин нову примену математике и теорије оптимизације у реалним пословима планирања и газдовања ресурсима.

Вишекритеријумске методе се, међутим, не користе довољно у Војсци Србије, нарочито у области планирања и менаџмента логистике. Да би се указало на тај проблем и подстакао преокрет у потребном правцу, у овом раду је приказана примена четири позната метода у решавању вишекритеријумског проблема рангирања организационих структура управних органа логистике. Усвојене вредносне скале и спроведени поступак рангирања служе као илустрација могућег упоредног третирања истог проблема у различитим методолошким окружењима. Резултати показују да је добро користити неколико метода за доношење одлука и да се синтезом рангова алтернатива добијених по различитим методима могу идентификовати најбоље, или бар доминантне алтернативе.

6. БИБЛИОГРАФИЈА

- [1] М. J. Bender, S.P. Simonovic, "A fuzzy compromise approach to water resources systems planning under uncertainty", Fuzzy Sets and Systems, No 115, 2000, pp 35–44.

- [2] С. Боровић, И. Николић, Вишекритеријумска оптимизација: методе, примена у логистици, софтвер, Сектор ШОНИД ГШ ВЈ, Београд, 1998.
- [3] Д. Божанић, Д. Памучар, "Вредновање локација за успостављање мосног места преласка преко водених препрека применом fuzzy логике". Војнотехнички гласник, бр. 1, 2010, стр. 129–145.
- [4] Д. Божанић, Д. Памучар, А. Милић, Д. Бојанић, "Примена SWOT анализе на анализу енергетске безбедности Републике Србије", Енергија, економија, екологија, бр. 1, 2011, стр. 65–69.
- [5] J. P. Brans, Ph. Vincke, V. Mareschal, "How to select and how to rank projects by the Promethee method", *European Journal of Operational Research*, No 24, 1986, pp. 228–238.
- [6] М. Чупић, С. Ђамиловић, *Менаџмент (Handbook of Management)*. Србија: Факултет организационих наука Универзитета у Београду, 1996.
- [7] H. Deng, "Multicriteria analysis with fuzzy pairwise comparison", *International Journal of Approximate Reasoning*, No 21, 1999, pp. 215–231.
- [8] J. D. Gibbons, *Nonparametric statistical inference*. New York: McGraw-Hill, 1971.
- [9] C. L. Hwang, K.S. Yoon, *Multiple attribute decision making: methods and applications*. Berlin: Springer, 1981.
- [10] Д. Памучар, Дизајнирање организационе структуре коришћењем fuzzy приступа. Магистарски рад. Србија: Саобраћајни факултет Универзитета у Београду, 2009.
- [11] Д. Памучар, "Примена фуззу логике и вештачких неуронских мрежа у процесу доношења одлуке органа саобраћајне подршке", Војнотехнички гласник, бр 3. 2010, стр. 125–143.
- [12] D. Pamučar, D. Božanić, B. Đorović, A. Milić, "Modelling of the fuzzy logical system for offering support in making decisions within the engineering units of the Serbian army", *International journal of the physical sciences*, No 3, 2011, pp. 592–609.
- [13] Pamučar, D., Đorović, B., Božanić, D., Lukovac, V. (2013) "Fuzzy mathematical model for evaluation of infrastructure business functions of administrative bodies of organizational structures". *African journal of business management*. 7(7), pp. 515–525.
- [14] Памучар, Д., Луковац, В., Божанић, Д. (2010) "Примена фуззу вишекритеријумског одлучивања за избор модела организационе структуре". *Београд: Зборник радова са међународне конференције SymbOrg*.
- [15] K. S. Raju, C. R. S. Pillai, "Multicriterion decision making in river basin planning and development", *European Journal of Operational Research* 112, 1999, pp. 249–257.
- [16] T. Ray, E. Triantaphyllou, "Procedures for the evaluation of conflicts in rankings of alternatives", *Comput. Ind. Eng.* 36(1), 1999, pp. 35–44.
- [17] B. Roy, "Ranking and selection in the presence of multiple viewpoints", *Computers & Operations Research*, No. 8, 1968, pp. 57–75.
- [18] T. L. Saaty, *The analytic hierarchy process*. New York: McGraw-Hill, 1980.
- [19] B. Srđević, Y. Medeiros, Z. Srđević, M. Schaer, "Evaluating management strategies in Paraguacu river basin by analytic hierarchy process", *First Biennial Meeting of the International Environmental Modeling and Software Society*, No 1, 2002, pp. 42–47.
- [20] E. Triantaphyllou, C.T. Lin, "Development and evaluation of five multiattribute decision making methods", *International Journal of Approximate Reasoning*, No 14, 1996, pp. 281–310.
- [21] L. A. Zadeh, "Fuzzy sets", *Information and control*, No 8, 1965, pp. 338–353.
- [22] M. Zeleny, *Multiple criteria decision making*. New York: McGraw-Hill Book Company, 1982
- [23] A. C. Zuffo, L. F. R Reis, R. F. Santos, F. H. Chaudhry, "Application of multicriteria methods for planning of water resources", *J. Njater Res.* 7(1), 2002, pp. 81–102.