

# PRIMENA METODE ANALITIČKIH HIJERARHIJSKIH PROCESA U IZBORU OPTIMALNOG TAKTIČKOG RADIO SISTEMA

Devetak M. Saša, Terzić R. Miroslav  
Vojna akademija, Katedra vojnih elektronskih sistema,  
Beograd

UDC: 621.391

OBLAST: Telekomunikacije, Matematika (Operaciona istraživanja)

## Sažetak:

*U radu je primenjena metoda analitičkih hijerarhijskih procesa u rešavanju problema izbora optimalnog taktičkog radio komunikacionog sistema. Definisani su problem, opisan je postupak primene AHP metode, kriterijumi za izbor i alternative radio komunikacionih sistema. Primenom matematičkog modela i prezentovanog programa rešen je definisani problem.*

*Ključne reči: višekriterijumska optimizacija, AHP metoda, taktički radio-komunikacioni sistem.*

## Uvod

Opremanje vojske savremenom telekomunikacionom, ali i drugom opremom, od velikog je značaja za njene operativne i funkcionalne sposobnosti. Pred donosioca odluke o nabavci i izboru optimalnog sredstva postavlja se kompleksan zahtev. Rad predstavlja prilog rešavanju problema nabavke radio komunikacione opreme. Funkcija cilja definisana je izborom optimalnog taktičkog radio komunikacionog sistema koji će obezbediti kvalitetno telekomunikaciono-informatičko obezbeđenje taktičkih jedinica u borbenim dejstvima. Radio-komunikacioni sistemi treba da rade u frekventnom opsegu vojnih taktičkih radio komunikacija (30–88 MHz), definisanih po međunarodnim standardima ITU-R. Od opštih zahteva, treba da omoguće visok nivo otpornosti na elektronska dejstva (TRANSEC – Transmission Security) i neprekidnost rada, kriptozastitu komunikacija i informacija (COMSEC – Communications Security), prenos govora i podataka, detekciju i korekciju grešaka, jednostavnost rukovanja i samostiranja, modularnost i zamenljivost blokova i modula, klimomehaničke

standarde u grupi K3, da su prenosni, odnosno mobilni. Značajni zahtevi vezani su i za nivoe održavanja, garanciju i rezervne delove, obuku i izradu potrebne dokumentacije.

Uspešnost upravljanja organizacionim sistemima danas zasniva se na primeni efikasnih metoda i tehnika za podršku odlučivanju [1]. Done-sene odluke skoro po pravilu imaju veći uticaj na stanje sistema u bližoj i daljoj budućnosti nego u sadašnjosti. Odluka se donosi da bi se ispunili određeni zahtevi – ciljevi koji su postavljeni u razmatranom problemu. Problem je često okarakterisan većim brojem kriterijuma (funkcija cilja, funkcija kriterijuma) za odlučivanje, više alternativa (rešenja) za izbor i procesom izbora jednog konačnog rešenja. U ovakvim slučajevima pre-mena metoda operacionih istraživanja posebno dolazi do izražaja, jer višekriterijumski pristup predstavlja jedini način da se što realnije opiše svaki konkretni problem. Jedna od metoda višekriterijumske optimizacije je metoda analitičkih hijerarhijskih procesa (AHP metoda). Metodu je kre-irao Tomas L. Saaty krajem sedamdesetih godina prošlog veka i predsta-vlja alat koji pruža pomoć donosiocima odluke u rešavanju kompleksnih problema odlučivanja u kojima učestvuje veći broj donosioca odluka, veći broj kriterijuma i u višestrukim vremenskim periodima [2]. Ona pripada metodama višeatributnog odlučivanja s obzirom na to da se primenjuje u rešavanju loše strukturiranih problema. U radu je primenjena AHP meto-da za rešavanje problema izbora optimalnog taktičkog radio-komunikaci-onog sistema.

## Metoda analitičkih hijerarhijskih procesa

Za rešavanje definisanog problema primenjena je metoda analitičkih hijerarhijskih procesa. Metodu je razvio Tomas L. Saaty 1980. godine i predstavlja jednu od metoda višeatributnog odlučivanja, pored metode Dominacije, metode sa aditivnim težinama, Electre (I-IV), Promethee (I-IV), Vikor i drugih. Validnost primene ove metode ogleda se u postojanju ve-ćeg broja kriterijuma za izbor adekvatnog taktičkog radio-komunikacio-nog sistema, većeg broja proizvođača ovakve opreme, odnosno alternati-va, jednostavnosti i efikasnosti primene, kao i razvijenom originalnom softveru za podršku odlučivanju.

Primena metode odvija se u četiri faze [3]:

1) strukturiranje problema, gde je neophodno dekomponovati pro-blem, definisati cilj, kriterijume, potkriterijume i alternative;

2) prikupljanje podataka i njihovo merenje, gde donosilac odluke do-deljuje relativne ocene kriterijumima poredeći ih po parovima koristeći

najpoznatiju skalu devet tačaka predstavljenu u tabeli 1. Po završetku ovog procesa dobija se odgovarajuća matrica procene kriterijuma;

Tabela 1  
Table 1

Skala devet tačaka  
Scale of nine dots

Skala	Objašnjenje – Rangiranje
9	Apsolutno najznačajnije
8	Veoma snažno ka apsolutno najznačajnijem
7	Veoma snažno ka veoma značajnom
6	Snažno ka veoma snažnom
5	Snažnije više značajno
4	Slabije ka više snažnijem
3	Slabije više značajno
2	Podjednako ka slabijem više
1	Podjednako značajno
0,50	Podjednako ka slabijem manjem
0,33	Slabije manje značajno
0,25	Slabije ka snažno manjem
0,20	Snažno manje značajno
0,17	Snažno ka veoma snažno
0,14	Izuzetno snažno manje značajno
0,13	Veoma snažno ka apsolutno manjem
0,11	Apsolutno najmanje značajno

3) procena relativnih težina je faza u kojoj će se matrica poređenja po parovima „prevesti“ u probleme određivanja sopstvenih vrednosti, radi dobijanja normalizovanih i jedinstvenih sopstvenih vektora, težina za sve kriterijume;

4) određivanje rešenja problema podrazumeva nalaženje tzv. kompozitnog normalizovanog vektora. Pošto se odredi vektor redosleda aktivnosti kriterijuma, potrebno je i odrediti u okviru svakog posmatranog kriterijuma redosled važnosti alternativa u modelu. Težina posmatrane alternative dobija se tako što se učešće alternative množi sa težinom posmatranog kriterijuma i potom se vrednosti sabere za svaku alternativu posebno. Upoređenjem težina svake alternative određuje se njihov poređak u modelu.

## Rešavanje problema izbora optimalnog radio sistema

Funkcija cilja definisana je izborom optimalnog radio-komunikacionog sistema. Donosilac odluke je u situaciji da bira između tri proizvođača taktičkih radio-komunikacionih sistema:

A1 – Alternativa 1 (Proizvođač broj 1),

A2 – Alternativa 2 (Proizvođač broj 2),

A3 – Alternativa 3 (Proizvođač broj 3).

Izbor će se izvršiti na osnovu 4 kriterijuma:

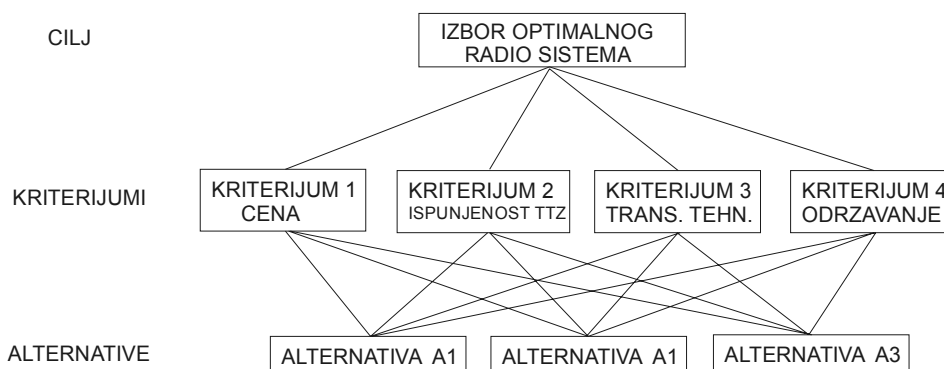
K1 – Kriterijum broj 1 (cena),

K2 – Kriterijum broj 2 (ispunjenost taktičko-tehničkih zahteva),

K3 – Kriterijum broj 3 (transfer tehnologije),

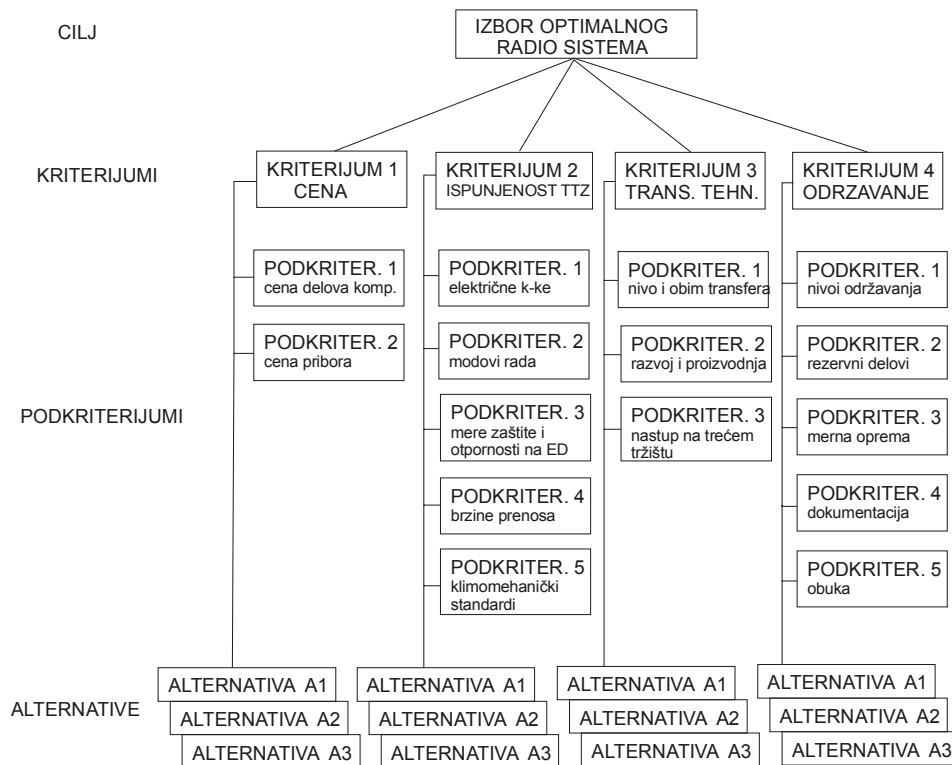
K4 – Kriterijum broj 4 (održavanje).

Ovako strukturiran problem predstavljen je na slici 1.



Slika 1 – Primer strukturiranja problema  
Figure 1 – Example of problem structuring

Svaki od kriterijuma može se dodatno raščlaniti na potkriterijume. Na primer: cena kao suma cena svih delova kompleta i pomoćnog pribora, ispunjenost TTZ u svakom zahtevu (frekvencijske karakteristike, modove rada, snagu, domet, ECCM i kriptozastitu, brzine prenosa informacija, napajanje, autonomiju rada i drugo), transfer tehnologije kao nivo i obim transfera, modernizacija radio-sistema, razvoj i proizvodnja novih serija, nastup na trećem tržištu i održavanje kroz nivo održavanja, cenu rezervnih delova, mernu opremu, obuku i dokumentaciju [4]. Sa definisanim potkriterijumima stablo strukture problema izgledalo bi kao na slici 2.



Slika 2 – Stablo strukture problema sa podkriterijumima  
 Figure 2 – Tree of the problem structure with subcriteria

Matrica odlučivanja nakon kvantifikacije kvalitativnih kriterijuma po Saaty-jevoj skali predstavljena je tabelom 2. Matrica odlučivanja sastavljena je na osnovu pretpostavljene kvantifikacije kriterijuma različitih proizvođača (alternativa). Ova matrica se u praksi dobija ispitivanjem radio komunikacionih sistema različitih proizvođača po zadatim kriterijumima i potkriterijumima od strane stručnih lica, odnosno ustanova.

Tabela 2  
 Table 2

Matrica odlučivanja  
 Decision-making matrix

	K1	K2	K3	K4
A1	9	8	6	7
A2	7	9	8	8
A3	5	6	4	3

Odgovarajuća hijerarhijska struktura problema poređenja kriterijuma svakog sa svakim, predstavljena je tabelom 3. U nadležnosti je donosioca odluke da odredi važnost svakog kriterijuma u skupu kriterijuma. Takođe, veoma je bitno da donosilac odluke bude dosledan u proceni kriterijuma i alternativa, što se može proveriti izračunavanjem odnosa konzistentnosti (CR – Consistency Ratio) [5].

Tabela 3  
Table 3

Matrica procene kriterijuma  
Criteria estimation matrix

	K1	K2	K3	K4
K1	1	0,5	8	5
K2	2	1	6	4
K3	0,13	0,17	1	0,33
K4	0,20	0,25	3	1
$\Sigma$	3,33	1,92	18	10,33

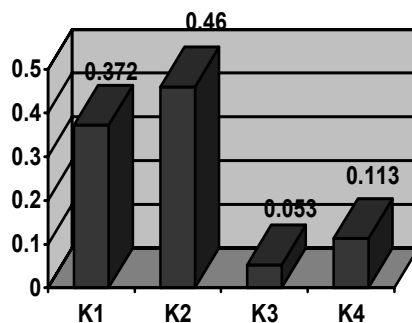
Za dobijanje normalizovanih sopstvenih vektora koristi se aproksimativna procedura koja pored poređenja kriterijuma u parovima, po Saaty-jevoj tablici, obuhvata određivanje sume po kolonama, deljenje svakog elementa kolone sa sumom, sabiranje dobijenih vrednosti po redovima i određivanje srednje vrednosti reda (tabela 4).

Tabela 4  
Table 4

Matrica sopstvenih vektora kriterijuma  
Criteria eigenvector matrix

	K1	K2	K3	K4	$\Sigma$	sr. vr.
K1	0,333	0,260	0,444	0,484	1,488	0,372
K2	0,600	0,520	0,333	0,387	1,840	0,460
K3	0,039	0,088	0,055	0,031	0,213	0,053
K4	0,060	0,130	0,166	0,096	0,452	0,113

Na osnovu aproksimativne metode upoređenja kriterijuma može se sagledati poredak kriterijuma u definisanom modelu (slika 3).



Slika 3 – Prikaz važnosti kriterijuma u modelu  
Figure 3 – Criteria significance levels in a model

Po algoritmu dobijanja sopstvenog vektora kriterijuma određuju se sopstveni vektori alternativa, ali u odnosu na svaki kriterijum pojedinačno. U tabeli 5 upoređene su težine alternativa u parovima u odnosu na kriterijum 1 (cenu).

Tabela 5  
Table 5

Matrica procene alternativa u odnosu na K1  
Matrix for estimating alternatives in relation to the K1

	A1	A2	A3
A1	1	2	3
A2	0,5	1	2
A3	0,33	0,5	1
Σ	1,83	3,5	6

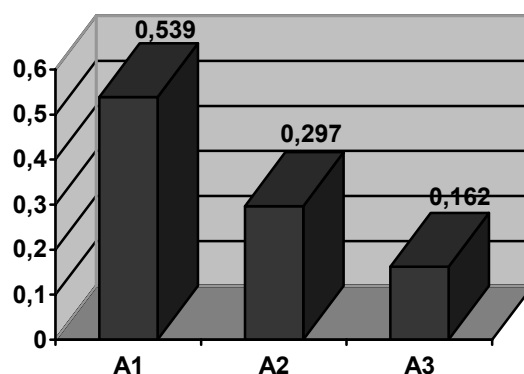
U tabeli 6 predstavljena je matrica sopstvenih vektora alternativa u odnosu na kriterijum K1 (cenu).

Tabela 6  
Table 6

Matrica sopstvenih vektora alternativa za K1  
Matrix of the eigenvectors of alternatives for the K1

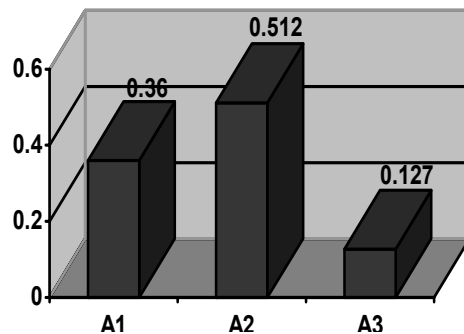
	A1	A2	A3	Σ	sr. vr.
A1	0.546	0.571	0.500	1.617	0.539
A2	0.273	0.285	0.333	0.891	0.297
A3	0.180	0.142	0.166	0.488	0.162

Poredak alternativa u odnosu na kriterijum K1 (cenu) predstavljen je na slici 4.

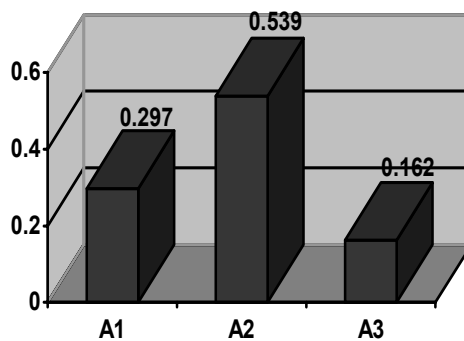


Slika 4 – Prikaz važnosti alternativa u odnosu na K1  
Figure 4 – Significance of the alternatives in relation to the K1

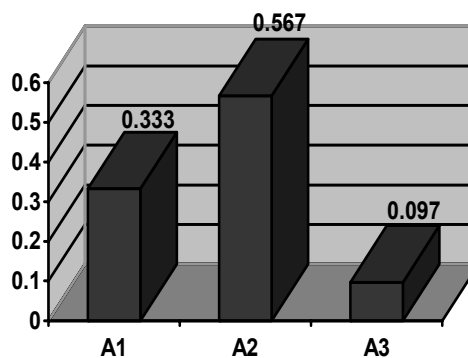
Primenom istog algoritma određene su vrednosti sopstvenih vektora alternativa u odnosu na kriterijume K2 (ispunjenost taktičko-tehničkih zahteva), K3 (transfer tehnologije) i K4 (održavanje). Poredak alternativa prikazan je na slikama 5, 6 i 7.



Slika 5 – Prikaz važnosti alternativa u odnosu na K2  
Figure 5 – Significance of the alternatives in relation to the K2



Slika 6 – Prikaz važnosti alternativa u odnosu na K3  
Figure 6 – Significance of the alternatives in relation to the K3



Slika 7 – Prikaz važnosti alternativa u odnosu na K4  
Figure 7 – Significance of the alternatives in relation to the K4



Sveukupna sinteza problema izbora optimalnog radio komunikacionog sistema dobija se sabiranjem umnožaka sopstvenih vektora svake alternative i učešća (težine) u okviru posmatranog kriterijuma. Dve tabele u nastavku prikazuju ponovljene podatke i proračunate podatke.

Tabela 7  
Table 7

Matrica sopstvenih vektora alternativa i težine  
Matrix of the eigenvalues of alternatives and weight

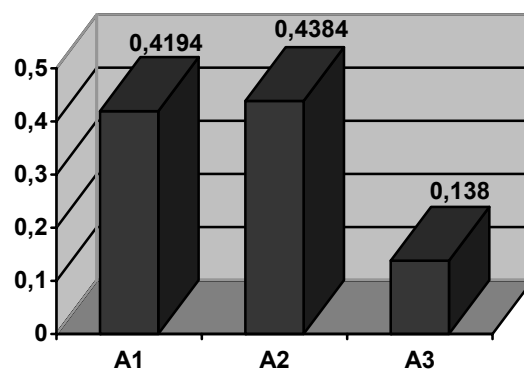
	K1	K2	K3	K4
A1	0,539	0,360	0,297	0,333
A2	0,297	0,512	0,539	0,567
A3	0,162	0,127	0,162	0,097
Težine	0,372	0,460	0,053	0,113

Tabela 8  
Table 8

Konačna tabela rezultata  
Final table

	K1	K2	K3	K4	$\Sigma$
A1	0,2005	0,1656	0,0157	0,0376	0,4194
A2	0,1104	0,2355	0,0285	0,0640	0,4384
A3	0,0602	0,0584	0,0085	0,0109	0,1380
$\Sigma$					$\approx 1$

Na slici 8 je predstavljen poredak alternativa, odnosno konačni rang.



Slika 8 – Konačni poredak alternativa po AHP metodi  
Figure 8 – Final order of alternatives with the AHP method

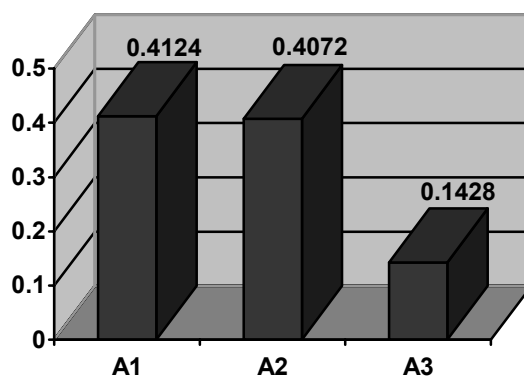
Radio-komunikacioni sistem alternative A2 (Proizvođača broj 2) predstavlja optimalan izbor za definisane kriterijume gde se pridaje važnost ispunjenju taktičko-tehničkih zahteva radio-komunikacionog sistema. Alternativa A3 (Proizvođač broj 3) ima lošiji radio komunikacioni sistem od druga dva proizvođača po svim kriterijumima ocene, što se moglo zaključiti i na osnovu matrice odlučivanja (tabela 2).

Pretpostavimo da će donosilac odluke pridati dominantnu važnost ceni u odnosu na ispunjenje taktičko-tehničkih zahteva (tabela 9). U tom slučaju, za nepromenjene ostale parametre u modelu, dolazi se do drugačijeg rešenja, odnosno optimalan izbor je radio komunikacioni sistem alternative A1 (Proizvođač broj 1) (slika 9). S obzirom na to da je razlika u vrednostima između alternative A1 i A2 veoma mala, što se vidi iz poretka alternativa za dominantnu važnost cene (slike 9), donosilac odluke može protežirati i dalje alternativu A2. Ovo je prihvatljivo jer alternative A2 ima dominaciju po svim ostalim kriterijumima. Primenjeni model namenjen je isključivo podršci odlučivanju, a na donosiocu odluke je da donese odluku o izboru optimalnog radio komunikacionog sistema.

Tabela 9  
Table 9

Matrica izmenjene procene kriterijuma  
Updated criteria estimation matrix

	K1	K2	K3	K4
K1	1	2	8	5
K2	0,5	1	6	4
K3	0,13	0,17	1	0,33
K4	0,20	0,25	3	1
$\Sigma$	1,83	3,42	18	10,33

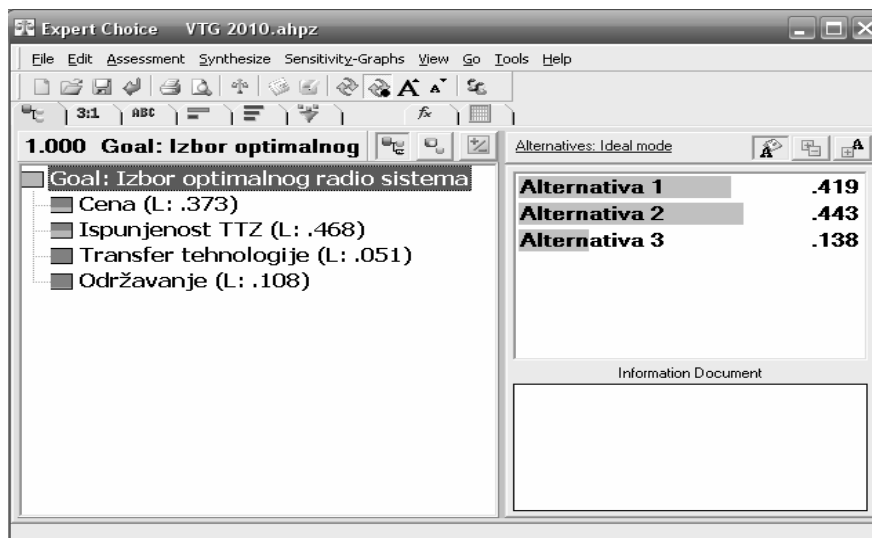


Slika 9 – Poredak alternativa za dominantnu važnost cene  
Figure 9 – Order of alternatives for price as a dominant criterion

Može se zaključiti da je stručna procena kriterijuma za izbor optimalnog radio-sistema veoma značajna za poređenje različitih alternativa. Međutim, u navedenom primeru može se primetiti da donosilac odluke ima veoma značajnu ulogu upravo u dodeljivanju važnosti odnosno dominacije kriterijuma u odnosu na druge kriterijume. Drugim rečima, komparacija različitih alternativa za iste definisane kriterijume daje validne vrednosti u matrici odlučivanja, naročito ako procenu rade stručna lica. Međutim, s obzirom na to da kriterijumi najčešće nemaju isti stepen značajnosti, donosilac odluke najčešće subjektivno definiše njihovu važnost koristeći odgovarajuće težinske koeficijente (težine) ili tzv. pondere za kriterijume. Težinski koeficijenti u nekim metodama imaju odlučujući uticaj na rešenje, odnosno može se dogoditi da uvedene vrednosti za težine ne obezbeđuju „dobro rešenje“. Jedna od često korišćenih metoda za određivanje težina kriterijuma je metoda entropije, opširnije u literaturi [3] .

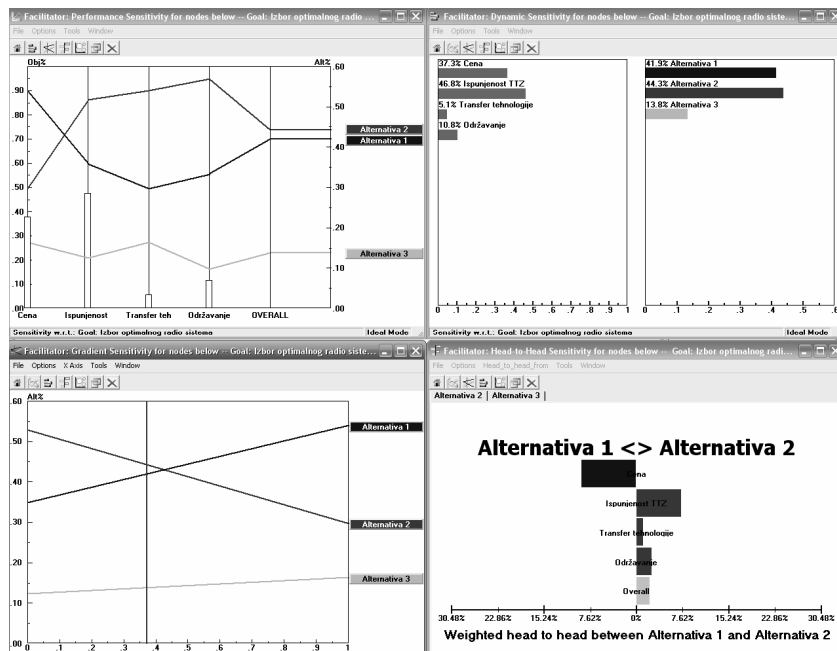
## Programsko rešenje

Efikasnija primena AHP metode u konkretnim slučaju omogućena je korišćenjem razvijenog originalnog softvera Expert Choice iz klase sistema za podršku odlučivanju. Softver je dostupan u ograničenom vremenskom trajanju i veoma je jednostavan za korišćenje. Na slici 10 prikazane su vrednosti kriterijuma i alternativa nakon njihovog formiranja u programu Expert Choice 11.5 [6, 7, 8].



Slika 10 – Izgled ekrana Expert Choice 11.5  
Figure 10 – Display screen of the Expert Choice 11.5

Slika 11 prikazuje konačno rešenje predstavljenog problema u različitim grafovima osetljivosti kriterijuma i alternativa.



Slika 11 – Grafovi analize osetljivosti  
Figure 11 – Sensitivity analysis graphs

Na slici su (slevo u desno) prikazani grafovi performansi osetljivosti za alternative u odnosu na kriterijume, dinamičke osetljivosti sa vrednostima sopstvenih vektora kriterijuma i alternativa, gradijenta osetljivosti alternativa i graf težina alternativa A1 i A2 koje prednjače kao rešenja po zadatim kriterijumima.

Pored svoje jednostavnosti programsko rešenje je veoma praktično i efikasno pri promenama važnosti kriterijuma ili procene alternativa, odnosno analizi različitih varijanti pristupa rešavanju problema.

## Zaključak

U radu je primenjena AHP metoda, kao jedna od metoda višekriterijumske optimizacije, u rešavanju problema izbora optimalnog taktičkog radio komunikacionog sistema. Pored definisanja problema, kriterijuma i alternativa radio komunikacionog sistema, opisan je postupak primene metode i kroz matematički model određen proizvođač koji za pomenute kriterijume

me predstavlja optimalno rešenje. Isti problem je rešavan i primenom programskog rešenja Expert Choice 11.5. Može se zaključiti da u konkretnom problemu posebno preferiraju dva kriterijuma, a to su cena i ispunjenost taktičko-tehničkih zahteva za radio sisteme. Ova dva kriterijuma su istovremeno međusobno suprotstavljena i iako alternativa A2 (Proizvođač broj 2) prednjači po svim kriterijumima, ako donosilac odluke odluči da cena ima dominantni značaj rešenje će biti alternativa A1 (Proizvođač broj 1). Programsko rešenje predstavlja veoma efikasno sredstvo za iznalaženje optimalnog rešenja i proveru dobijenih rezultata matematičkim putem i veoma praktično pri promenama važnosti kriterijuma ili proceni alternativa, odnosno analizi različitih varijanti pristupa rešavanju problema.

### Literatura

- [1] Andrejić, M., Ljubojević, S., *Operaciona istraživanja u funkciji podrške odlučivanju*, Vojnotehnički glasnik (Military Technical Courier), vol. 57, broj 3, pp. 15-27, ISSN 0042-8469, UDC 623+355/359, Beograd 2009.
- [2] Čupić, M., Suković, M., *Višekriterijumsko odlučivanje – metode i primeri*, Univerzitet „Braća Karić“, Beograd, 1995.
- [3] Nikolić, I., Borović, S., *Višekriterijumska optimizacija – metode, primena u logistici, softver*, Centar vojnih škola VJ, Beograd, 1996.
- [4] *Taktička studija Integrirani sistem veza VS*, (izmene i dopune), UTI GŠ VS, Beograd, 2006.
- [5] Teknomo, K., *Analytic Hierarchy Process (AHP) Tutorial*, 2006. <http://people.revoledu.com/kardi/tutorial/ahp/>
- [6] [www.expertchoice.com](http://www.expertchoice.com) (11. 08. 2010).
- [7] Nikolić, V. N., *Kontrola tačnosti rezultata u simulacijama Monte Karlo*, Vojnotehnički glasnik (Military Technical Courier), vol. 58, broj 2, pp. 90-107, ISSN 0042-8469, UDC 623+355/359, Beograd 2010.
- [8] Nikolić, V. N., *Implementacija metode automatizovanih nezavisnih ponavljanja u simulaciji sistema masovnog opsluživanja*, Vojnotehnički glasnik (Military Technical Courier), vol. 58, broj 4, pp. 86-101, ISSN 0042-8469, UDC 623+355/359, Beograd 2010.

#### APPLICATION OF THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS METHOD IN THE SELECTION OF OPTIMAL TACTICAL RADIO COMMUNICATION SYSTEMS

FIELD: Telecommunications, Mathematics (Operations Research)

#### Summary:

*This article deals with the analytic hierarchy process method in selecting an optimal tactic radio communication system. The problem has been defined, followed by the description of the AHP method procedure as well as the criteria and alternatives for radio communication systems. The problem was solved using the mathematical model and the presented software.*

## Introduction

*A decision on the procurement and selection of optimal resources is a complex issue. This article is a contribution to solving the problems of procurement of radio communication equipment. The objective function is defined by the selection of an optimal tactical radio communication system that will provide a high-quality Communication Information System for tactical units in combat operations. Radio communication systems need to operate in the frequency range of military tactical radio communications (30-88 MHz), as defined by the international standards ITU-R. In addition, they need to meet general requirements (constraints) for providing high level resistance to electronic warfare, TRANSEC and COMSEC protection, voice and data transmission, error detection and correction, ease of handling and mobility as well as the standards of the climate mechanical group K3.*

*Organizational performance management systems today are based on the application of effective methods and techniques for decision-making support. The decision is made to meet the requirements - goals that were set in the discussed problem. The problem is often characterized by a greater number of criteria (objective function, the function of criteria) for decision-making, more alternatives (solutions) for the selection and a selection process for a final decision. In such cases, operational research methods are of significant importance since a multi-criteria approach is the only way to describe each specific problem as realistically as possible. One of the multi-criteria optimization methods is the method of analytical hierarchy process (AHP method), created by Thomas L. Saaty at the end of the seventies. This tool assists decision-makers in solving complex problems. The paper applied the AHP method for solving the problem of selecting an optimal tactical radio communication system.*

## Analytic Hierarchy Process Method

*In order to solve a defined problem, the analytical hierarchy process method was applied. The validity of this method is reflected in the existence of a number of criteria for the selection of an appropriate tactical radio communication system and a larger number of manufacturers of such equipment (or alternatives) as well as in its simplicity and efficiency of implementation, together with the developed original software for decision-making support.*

*The method is implemented in four phases:*

*1) structuring the problem, where it is necessary to decompose the problem and define the goal, criteria and alternatives;*

*2) collecting data and their measurement, where the decision-maker assigns relative scores in pairs of criteria using the best known scale of nine points presented in the table below. Upon completion of this process, a corresponding pair-comparison matrix is obtained.*

*3) estimating the relative weight, where the pair-comparison matrix is "translated" into the problems of determining the eigenvalues in order to get normalized and unique eigenvectors, or the weights for all criteria;*

4) determining the solution to the problem involves finding a so-called composite normalized vector. After the vector of sequence of activities set criteria is determined, it is necessary to determine the order of importance of alternatives in the model for each of the observed criteria. The weight of the observed alternatives is obtained by multiplying the share of alternatives to the weight of the observed criteria and then by summing up the values for each alternative separately. Comparing the weight of each alternative determines their order in the model.

Selecting an optimal radio communication system

The AHP method algorithm has been applied for selecting an optimal radio communication system.

The decision-maker is in a position to choose between three manufacturers of tactical radio communications systems:

A1 - Alternative 1 (Manufacturer No. 1),

A2 - Alternative 2 (Manufacturer No. 2),

A3 - Alternative 3 (Manufacturer No. 3).

The selection will be performed on the basis of four criteria:

K1 - Criteria No. 1 (price)

K2 - Criteria No. 2 (the fulfillment of the tactical and technical requirements)

K3 - Criteria No. 3 (technology transfer)

K4 - Criteria No. 4 (maintenance).

Each of the criteria can be further divided into sub-criteria such as: cost as the sum of costs of all kit parts and extra accessories, the fulfillment of the TTR in each application (frequency characteristics, modes of work, power, range, ECCM and cryptography, information transfer speed, power, autonomy of work, etc.), technology transfer as a level and volume of transfers, radio system updating, development and production of new series, entering the third market and maintenance through the levels of maintenance, cost of spare parts, measuring equipment, training and documentation.

After the quantification of qualitative criteria by Saaty's scale, the decision-making matrix is created on the basis of the supposed criteria quantification of different manufacturers (alternatives). In practice, this matrix is obtained by examining radio communication systems from different manufacturers following the criteria given by experts or institutions.

The corresponding hierarchical structure of comparing each criterion with each other has been given in a table. It is the responsibility of the decision-maker to determine the importance of each criterion from a set of criteria.

Normalized eigenvectors are obtained by an approximation procedure which, in addition to comparing criteria in pairs according to Saaty's table, includes determining the sum by columns, dividing each element of the column by the sum as well as the value obtained by adding rows and determining the median line.

The eigenvectors of alternatives are determined by the algorithm for obtaining criteria eigenvectors for each criterion individually and the rank of each alternative is compared to each criterion.

*The overall synthesis of the choice of an optimal radio communication system is obtained by adding the multiples of the eigenvectors of each alternative and the participation (weight) within the given criterion.*

*The radio communication system of alternative A2 (manufacturer No. 2) is the optimal choice for the defined criteria. Alternative A3 (Manufacturer No. 3) has a radio communication system which scored lower than the other two manufacturers by all criteria, which could have been concluded on the basis of the decision-making matrix.*

*If the decision-maker favours the price over the fulfillment of the tactical - the technical requirements, all other parameters being the same, the optimal selection of the radio communication system will be alternative A1 (Manufacturer 1).*

*It can be concluded that the expert evaluation of the criteria for selecting the optimum radio system is very important for the comparison of different alternatives. However, it can be noticed here that the decision-maker has a very important role in assigning the importance of certain criteria from a set of criteria.*

#### Software solution

*An efficient use of the AHP method in the particular case was enabled by the original software developed using the Expert Choice (Expert Choice 11.5) from the class of decision support systems. The software is available for a limited time period and is very easy to use. In addition, it is very practical and effective in the case of changes in the importance of criteria or evaluation of alternatives and in the analysis of different approaches to problem solving.*

#### Conclusion

*The AHP method was applied as one of the multi criteria optimization methods for selecting an optimal tactical radio communication system. The problem, criteria and alternatives of radio communication systems have been defined, the method application procedure described and the manufacturer selected as an optimal solution determined on the basis of selected criteria and the given mathematical model. The same problem has been solved using the software solution Expert Choice 11.5. It can be concluded that two criteria, price and the fulfillment of the TTR for radio systems, are of particular preference. These two criteria are also opposed to each other. Even though alternative A2 (Manufacturer No. 2) excels in all criteria, if the price is the dominant criterion, the solution will be alternative A1 (Manufacturer 1). This software is a very effective tool for finding the optimal solution and verifying the results mathematically. It is also very practical for changes in the criteria or evaluation of alternatives, and in the analysis of different combinations in problem solving.*

*Key words: Multi criteria optimization, Analytic Hierarchy Process method, tactical radio communication system*

Datum prijema članka: 23. 08. 2010.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa: 27. 09. 2010.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje: 30. 09. 2010.