

## UPORABA GIS-a I ANALITIČKOG HIJERARHIJSKOG PROCESA U ODREĐIVANJU POGODNOSTI ZEMLJIŠTA ZA IZGRADNJU POSTROJENJA ZA OPASNI OTPAD U FEDERACIJI BOSNE I HERCEGOVINE

**Boris Džeba**

Sveučilište u Mostaru, Fakultet prirodoslovno-matematičkih i odgojnih znanosti; Studij geografije

Matice hrvatske bb, Mostar, Bosna i Hercegovina

[dzeba.boris@tel.net.ba](mailto:dzeba.boris@tel.net.ba)

*U Federaciji Bosne i Hercegovine ne postoji adakvatan prostor i sustav za obradu opasnih otpada, kao što su npr. medicinski ili elektonički. Gradnja takvih objekata zahtjeva opsežno planiranje s posebnim osvrtom na zaštitu prirode i okoliša. Također je potrebno detaljno istražiti teren i lokaciju budućih prostora za postrojenja za otpad.*

*Proces odabira optimalne lokacije je interdiscipliniran te zahtjeva veći broj eksperata i kriterija. Kao metoda u odlučivanju odabrani su AHP – analitički hijerarhijski proces, a podloga za odlučivanje su uzete rasterske mape dobivene u GIS alatima. Kombiniranjem ova dva alata dobiti ćemo kartu s optimalnim područjima za izgradnju depoa, koja će planerima olakšati njihove odluke u budućim planovima.*

**Ključne riječi:** AHP, GIS, otpad, BIH, Federacija BiH, rasteri, vektori

## USING GIS AND ANALYTIC HIERARCHY PROCESS IN DETERMINING THE SUITABILITY OF LAND FOR CONSTRUCTION OF WASTE FACILITIES IN FEDERATION OF BOSNIA AND HERZEGOVINA

**Boris Džeba**

University of Mostar, Faculty of Science and Education

Matice hrvatske bb, Mostar, Bosnia and Herzegovina

[dzeba.boris@tel.net.ba](mailto:dzeba.boris@tel.net.ba)

*In the Federation of Bosnia and Herzegovina there no adequate area and system for processing hazardous waste , such as eg . Medical or the electronic. The construction of such facilities requires extensive planning with special emphasis on the protection of nature and environment. We also need to explore in detail the terrain and location of future space for waste facilities. The method of selecting the optimum location is interdisciplinary and requires a greater number of experts and criteria. As support of the decision-making process were selected AHP - analytical hierarchical process and the basis for decision-making are taken raster maps obtained in GIS tools. Combining these two tools will get a map with the optimal areas for construction of depots , which will facilitate their decisions planners in future plans.*

**Keywords:** AHP, GIS, waste, BIH, Federation of Bosnia and Herzgovina, raster, vector

## UVOD

## INTRODUCTION

Stanje sa odlaganjem otpada u Federaciji Bosne i Hercegovine je krajnje kritično. Postoji niz zvaničnih prijeratnih odlagališta otpada, kao i mnoštvo ilegalnih deponija koji su svoje kapacitete počeli prevazilaziti sredinom devedesetih godina prošloga stoljeća. Planirana su mnoga proširenja postojećih odlagališta, ali je malo toga realizirano. Pored toga postoji vrlo mali broj odlagališta otpada koji sortiraju i skladište otpada po vrstama ili kategorijama. Pogotovo ne postoji posebna skladišta i postrojenja za obradu opasnih otpada, kao što su medicinski ili elektronički. Za takva postrojenja je potrebno voditi računa prvenstveno o ekološkim faktorima, te zaštititi prirode i okoliša.

U razmatranju odluke gdje takve lokacije odabrati potrebno je imati podatke o vrsti i kapacitetu zemljišta, stanovništvu, tekućicama, podzemnim vodama itd. Ti podaci predstavljaju prostornu informaciju koja se prikazuje korišćenjem GIS-a. To je snažan alat za rukovanje prostornim podacima koji nudi velike mogućnosti za njihovo prikazivanje i analizu, ali je uočeno da uporaba samo GIS-a nije dovoljna da obuhvati kompleksnost problema određivanja pogodnosti lokacije za neku namjenu i da doprinese pravodobnom donošenju odluka o tome kako i gdje koristiti lokaciju.

Kompleksnost problema i različiti faktori (socijalnih, ekoloških i ekonomskih) u ocjeni pogodnosti prostora u posljednje vrijeme se rešava kombinovanjem GIS-a i nekih od višekriterijumskih alata za individualnu i grupnu primjenu. U zadnje vrijeme se pokazalo da kombinacija GIS-a i višekriterijskih metoda i alata kao što je AHP najoptimalnije rješenje u donošenju odluka. Već postoje i posebne metode i discipline koje objedinuju ova dva alata, kao što je SDSS – spatial decision support system.

## METODOLOGIJA

## METHODOLOGY

### **Analitički hijerarhijski proces (AHP)**

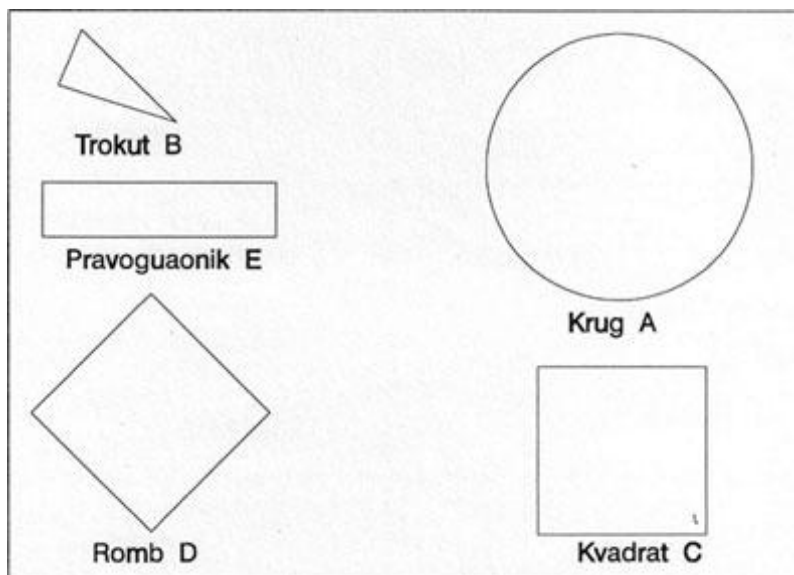
#### **Analytic hierarchy process**

Analitički Hijerarhijski Proces (AHP) razvijen je na Wharton poslovnoj školi Univerziteta Pensilvanije od znanstvenika Tomasa Saatyja. Ovaj metod je bio korišten za brojne visokostupne analize problema u odlučivanjima posljednjih godina. Analitički hijerarhijski proces dopušta tvorcima odluka da postave prioritete i stvaraju izbore na temelju svoje objektivnosti, znanja i iskustva sa namjerom da u skladu sa svojom intuicijom donesu najpovoljniju odluku. AHP ima substitucionalnu teorijsku i empirijsku podršku, prostirući se sve do proučavanja ljudskih prosuđivačkih procesa koristeći se spoznajnom psihologikom (Džeba, 1996). To nadilazi probleme koji su se javljali u "pro/con" analizama i "weight and scores" tehnologijama, koristeći hijerarhijsku strukturu u problemima odlučivanja, upoređujući u paru elemente hijerarhije kao i nivoe hijerarhije (Saaty, 1980).

Usput ova metoda odbacuje suvišne (nelogične) odluke tj. ukazuje na njih. Ovaj pristup odlučivanja reducira greške i daje nam mjeru (jedinicu) te pogreške tj. indeks ili koeficijent pouzdanosti odlučivanja (podudarnosti odluka u upoređivanju elemenata hijerarhije). Odbacujući suvišno, ovaj metod dozvoljava precizno određivanje prioriteta u verbalnom odlučivanju između elemenata hijerarhije pa čak i kada pojmovi (znakovi, riječi) nisu dovoljno definirani. Ova mogućnost otvara potpuno novi svijet mogućnosti - što znači

da možemo koristiti riječi (pojmove) kao „ kvantitativne činioce u poređenju elemenata hijerarhije i izvesti ljestvicu odnosa prioriteta elemenata hijerarhije, koji mogu biti kombinovani sa kvantitativnim faktorima. Analitički hijerarhijski proces je također brojčani (numerički) modul, koji sa svoga kvantitativnog aspekta rješavanja problema može biti suviše "precizan" tj. dati veću "težinu" nekom elementu hijerarhije nego što to stvarno taj element u hijerarhijskoj ljestvici ima. Zadržavajući se na AHP-u tj. procesu poređenja parova "najteži" element ili najjači prioritet nisu presudno (odlučujuće) određeni tj. direktno izabrani, oni su izvedeni iz seta odluka, bilo verbalno, bilo brojčano.

Kako znamo da ovaj metod izvođenja prioriteta je stvarno ispravan? Prvo, on je zasnovan na glasovitoj matematičkoj osnovi koja kaže da je zbir svih elemenata nekog sistema ili procesa jednak jedinici. Drugo, valjanost studije je provjerena u stvarnosti i verificirana kod međunarodnih znanstvenih udruga. Pretpostavimo da trebamo alocirati najosnovnije elemnte prirode potrebne za čovjekov život i da hoćemo da izvedemo relativne ljudske potrebe za: čistim zrakom, čistom vodom, zvukom bez buke, industrijskim otpadom, medicinskim otpadom i kiselim padavinama (Džeba, 1996). Po analogiji ove metode, pretpostavimo da je naše shvatanje o relativnim potrebama (za elementima iz naše okoline) podudaraju sa površinama pet objekata koji se nalaze na slici 1. Također po toj analogiji, možemo vidjeti te objekte i procijeniti njihovu relativnu površinu (veličinu) brojčano ali ta ista analogija nam pokazuje kako riječi mogu koristiti pri određivanju prioriteta kao kvalitativnih faktora. Koristeći riječi uporedbe: jednako, umjereno, jako, veoma jako i ekstremno u serijama poređenja parova, osobe pa čak i grupe osoba mogu presuditi (odlučiti) o relativnoj veličini datih 5 elemenata i odrediti koji element ima najveću "težinu" na ljestvici prioriteta. Rezultati su zapanjujuće točni i indentični kod svih donosliaca odluka.



Slika 1: Geometrijske figure korištene u dokazivanju valjanosti AHP studije  
Figure 1: Geometrical figures used in proving the validity of AHP study

## Glavni koraci u provedbi AHP Main steps using AHP

Provedba analitičkog hijerarhijskog procesa zahtjeva nekoliko glavnih koraka (faza). Sljedeći zaključke bazirane na Windovim i Saatijevim opisima postoje 4 glavna koraka u rješavanju AHP problema.

To su:

1. Dekompozicija problema u hijerarhiji
2. Utvrditi prioritete elemenata hijerarhije putem metode usporedbe parova
3. Sinteza rezultata
4. Prosuđivanje - utvrđivanje indeksa pouzdanosti

Prvi korak u analitičko hijerarhijskom procesu je **dekompozicija problema/odluka** u hijerarhiji prosuđivanja - što znači precizno određivanje ciljeva, kriterija i alternativa. Svaki element hijerarhije ili nivo u hijerarhiji može biti unaprijed opisan, i kao takva podesna komponenta za kompariranje u svim nivoima hijerarhije (Saaty, 1980). Na primjer, kriterija može biti dekompozirana u podkriteriju i tako se spustiti za jedan nivo u hijerarhiji. Idući hijerarhijskom strukturom problema od vrha prema dnu tj. prema sve specifičnije određenim komponentama problema, možemo primjetiti sve veću angažiranost donosioca odluke. Cilji nivo 0 ima najveći položaj u hijerarhiji i od njega sve polazi. Nivo 1 reflektuje nivo 0 tj. razrađujega u glavne kriterije. Ovaj nivo se dalje može razgrađivati u podkriterije kao podnivoje glavnoga kriterija. Najniži nivoi su alternative tj. stvarni objekti.

Drugi korak je **utvrđivanje prioriteta između parova elemenata hijerarhije** na svakom nivou hijerarhije, ponaosob. Donosilac odluke ima mogućnost utvrditi "važnost", "preferiranost" ili "vjerojatnost" svakoga elementa hijerarhije, sa davanjem prednosti većim nivoima u hijerarhiji. Prvo treba utvrditi "važnost" elemenata na najnižem nivou hijerarhije tj. treba uporedbom alternativa u parovima utvrditi važnost između njih. Pri tome treba strogo poštovati veći nivo hijerarhije tj. kriterije ili podkriterije. Sljedeći korak je "preferencija" višeg nivoa tj. uporedba kriterija ili podkriterija. Prilikom ovoga postupka treba obratiti pažnju na cilj prilikom uporedbe kriterija tj. kriterij ako se upoređuju podkriteriji (Džeba, 1996). Za svaki set poređenja parova izvedene su matematičke kalkulacije u obliku brojeva (indeksa) za svaki element hijerarhije, pored njih se nalaze linije čije dužine predstavljaju veličinu toga broja i na kraju se nalazi veoma važni koeficijent konsistencije ili koeficijent pouzdanosti. Taj nam koeficijent pokazuje da li je naše odlučivanje (presuđivanje) unutar seta poređenja parova elemenata hijerarhije bilo dosljedno, logično.

**Sinteza rezultata** - Ovaj korak pretstavlja sumiranje rezultata dobivenih odluka iz prethodnoga koraka i izračunava se zbir prioriteta svake od alternativa u odnosu na cijelu hijerarhiju tj. u odnosu na najveći nivo hijerarhije-cilj. Zbir prioriteta alternativa predstavlja stupanj kojom svaka od alternativa pristaje svakom od kriterija ili podkriterija. Ili bolje rečeno sinteza "lokalnih" prioriteta rezultira "globalnim" ili sveukupnim prioritetima za alternativne smjerove akcija. Alternativa sa najvećim zbirom je najpreferiraniji stvarni objekt.

**Prosuđivanje** - utvrđivanje koeficijenta pouzdanosti za svaki set upoređivanja parova postoji koeficijent pouzdanosti. Općenito govoreći taj koeficijent ne smije biti veći od 0.10. Veći koeficijent od ovoga broja govori nam da model odlučivanja nije dosljedan i da donosilac odluka mora ponovo preispitati svoje. Odluke u poređenju parova te ih takve

nanovo unijeti u AHP model. Tek nakon dobivenog broja ispod 0.10 možemo reći da je model odlučivanja dobar.

## AHP i GIS AHP and GIS

Spajanjem AHP metode i GIS alata dobiva se nova dimenzija u racionalnome odlučivanju a u cilju vrednovanja zemljišta. Kombinacijom ova dva elementa se dobila i SDSS – spatial decision support system, jedna od novijih metoda u odlučivanju pri vrednovanju zemljišta ili lokacija (Malczewski, 2006). Koraci u provedbu su sljedeći:

1. Definiranje problema
2. Definiranje kriterija za vrednovanje zemljišta
3. Skupljanje i pripremanje podataka (digitalne karte, rasterske karte, DEM)
4. Konvertiranje pribavljenih karata u formate zadate kriterijumima
5. Reklasifikacija dobivenih karata
6. Izrada matrice odlučivanja dobivenih reklasificiranih karata
7. Dobivanje rezultata odlučivanja i koficijenta konzistentnosti
8. Izrada i prikaz dobivene nove karte s detaljima vrijednosti zemljišta po zadatim kriterijima.

Ove korake ćemo primjeniti na primjeru određivanju najpovoljnije lokacije za deponiju opasnoga otpada u Federaciji BiH.

## DISKUSIJA DISCUSSION

Primjer je rađen u GIS alatu ArcMap-u i pripadajućem AHP modulu.

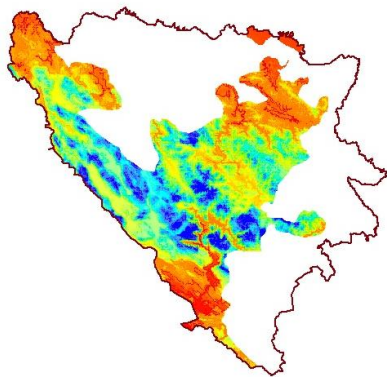
1. U našem primjeru je problem odrediti lokaciju prostora za depo opasnoga otpada u Federaciji Bosne i Hercegovine. Federacija Bosne i Hercegovine je veoma zemljopisno različita, naime, sjever je većinom planinski dok je jug na jadranskome moru, središnji njen dio je pretežno planinski i brdovit.

2. Za deponiju opasnoga otpada uzeli smo sljedeće geofizičke kriterije:

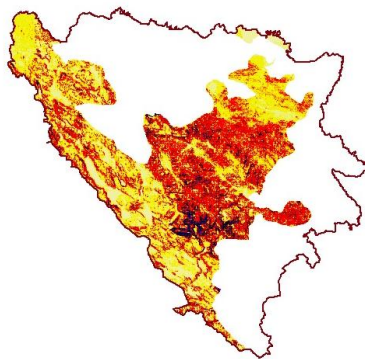
- nadmorska visina terena (elevacija),
- nagib terena (slope)
- udaljenost od rijeka
- udaljenost od većih naselja
- blizina prometnica

3. Digitalne karte su prikupljane s interneta, većinom s servera The European Environment Agency (EEA) i bile su formatima DEM (digital elevation model).

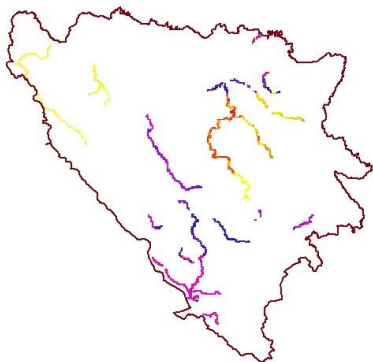
4. Nakon konvertiranja karata po zadanim kriterijima, a to su nadmorska visina, nagib i udaljenost od rijeke, udaljenost od naselja, te blizina prometnica u ArcMap alatu dobili smo sljedeće karte:



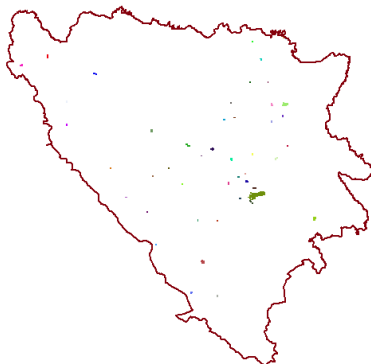
Sl. 2. Digitalni model terena FBiH  
Fig. 2. Digital Terrain Model of FBiH



Sl. 3. Nagib terena  
Fig. 3. Slope



Sl. 4. Rijeke u FBiH  
Fig. 4. Rivers of FBiH



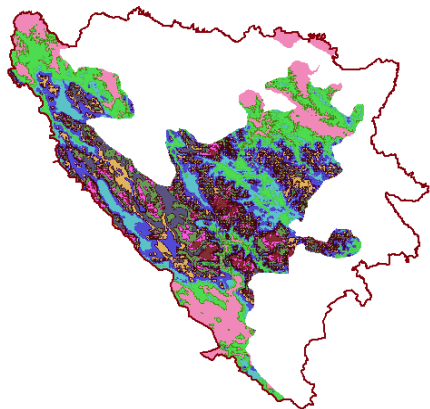
Sl. 5. Veća Naselja u FBiH  
Fig. 5. Larger settlements in FBiH



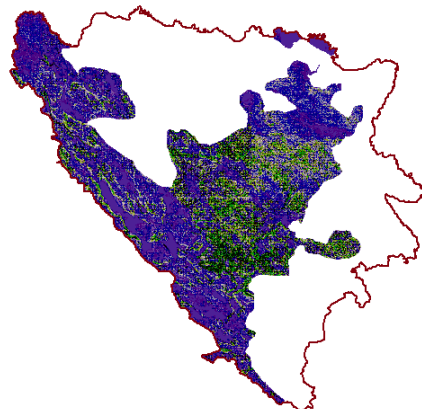
Sl. 6. Magistralni putevi u FBiH  
Fig. 6. The main roads in the FBiH

## Reklasifikacija dobivenih karata

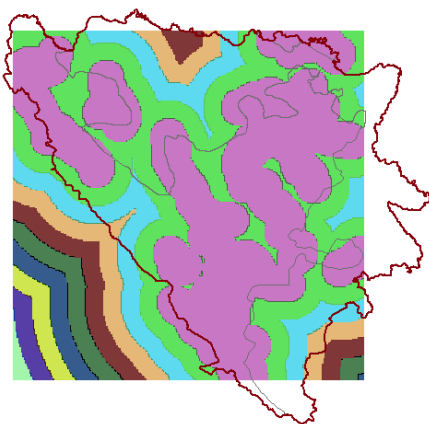
Obradom gore prikazanih karata s funkcijom reclass u ArcMap-u tj reklasifikacijom karata dobili smo sljedeće:



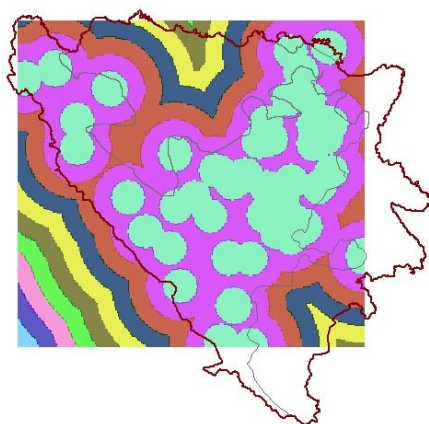
Sl. 7. Reklasificirana karta FBiH  
Fig. 7. Reclassified map FBiH



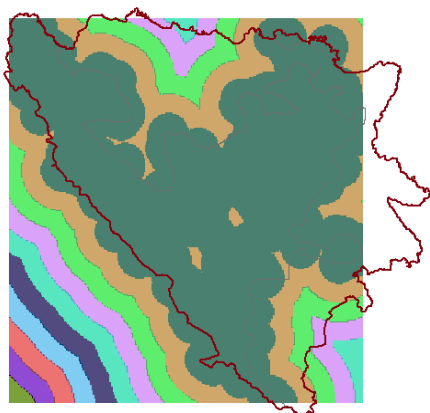
Sl. 8. Reklasificirani nagib  
Fig. 8. Reclassified slope



Sl. 9. Reklasificirana udaljenost od rijeka  
Fig. 9. Reclassified distance from the river

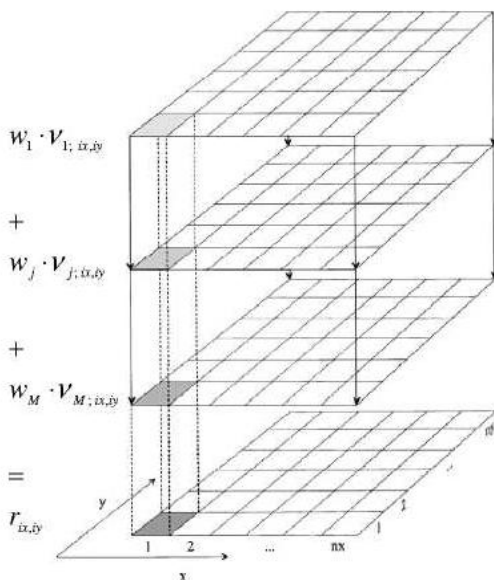


Sl. 10. Reklasificirana udaljenost od većih naselja  
Fig. 10. Reclassified distance from settlements



Sl. 11. Reklasificirana blizina magistralnim putevima u FBiH  
 Fig. 11. Reclassified proximity to main roads in the FBiH

zadatim kriterijim se dobije:  $r_{ix, iy} = \sum_{j=1}^M w_j v_{j, ix, iy}$  gdje je  $r_{ix, iy}$  vrijednost ćelije  $ix, iy$  na konačnoj mapi pogodnosti,  $w_j$  težinski koeficijent kriterijuma  $j$ ,  $v_{j, ix, iy}$  rezultat date ćelije za kriterijum  $j$ , a  $n_x$  i  $n_y$  su broj ćelija na rasteru u  $x$  i  $y$  pravcu. Slikovni pregled postupka bi izgledao:



Sl. 12. Načelo kombinacije težinskih koeficijenata rasterskih kriterija  
 Fig. 12. The principle of combination weights raster criteria

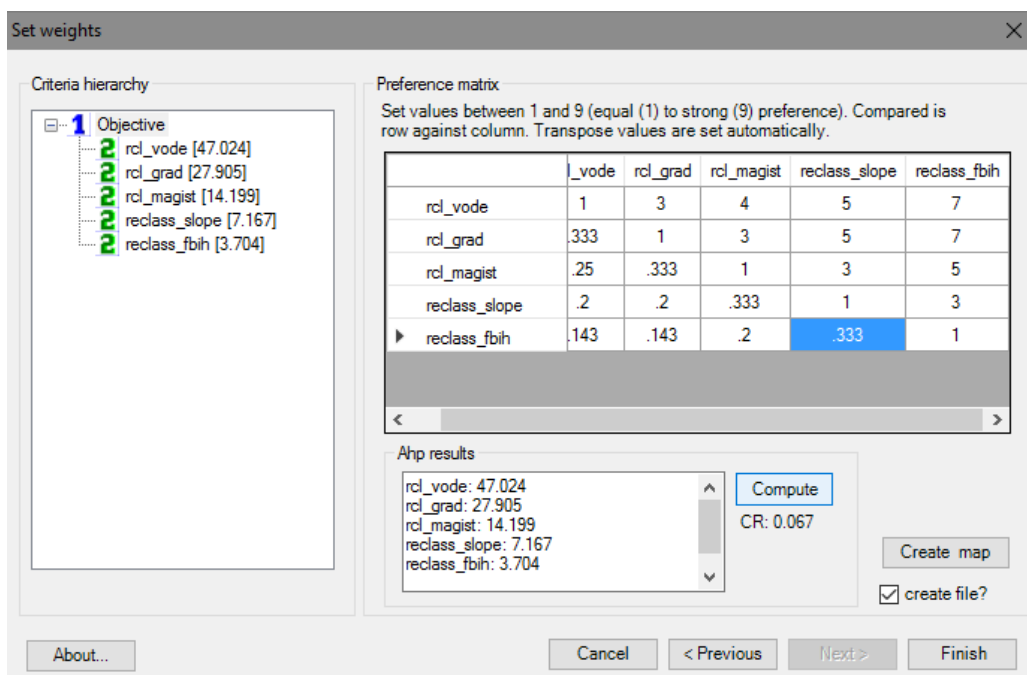
Nakon reklasifikacije se pristupa formiranju optimalne karte za svaki kriterij tako da svaka ćelija u rasteru na karti za dati kriterijum bude svrstana u odgovarajuću klasu, čime joj se dodeljuje i odgovarajući rezultat.

7. Izrada matrice odlučivanja iz dobivenih reklasificiranih karata. Za kriterijume  $C_1, \dots, C_M$ , formira se matrica odlučivanja, kao u Tablici 1. Elementi matrice su rezultat uporedbe kriterijuma u parovima korištenjem Satijeve skale. U AHP-u se za određivanje težina kriterijuma koristi metod osobnih vrijednosti (Eigenvector Method), tj određuje se glavni desni vektor osobnih vrijednosti matrice  $A$  rešavanjem linearnog sistema:  $Aw = \lambda w, w^T w = 1$

gdje je  $w$  traženi vektor težina kriterija, a  $\lambda$  najveća osobna vrijednost (eigenvalue) matrice  $A$  (Jandrić, Srđević, 2000). Optimalna karta po



Nakon ovako pripremljenih karata spremni za obradu u AHP Modulu kao sastavnome dijelu ArcMapa, izvršiti ćemo odlučivanje po zadatim kriterijima. S tim, da nam je najvažniji kriterij udaljenost od rijeke (rcl\_vode), udaljenost od većih naselja (rcl\_grad), blizina magistralnih puteva (rcl\_magist) zatim nagib (reclass\_slope) te nadmorska visina (reclass\_fbih). Matricu odlučivanja, tj AHP modulu možemo vidjeti na slici 13.



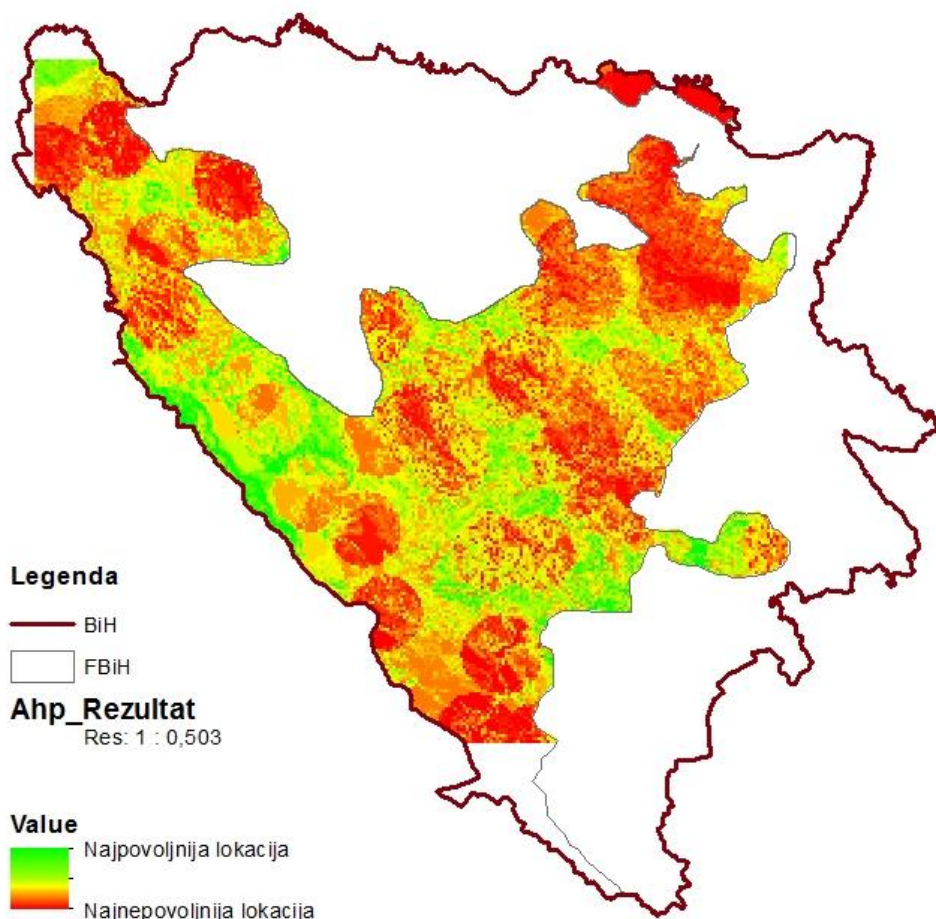
Sl. 13.: Određivanje težinski koeficijenata u AHP modulu.

Fig. 13: Determination of the weight coefficients in AHP module.

## REZULTATI RESULTS

Kao što se može vidjeti na slici 13, kriterij rcl\_vode tj udaljenost od rijeka je po Sattijevoj tablici važniji za 3 od kriterija rcl\_grad, te za 4 od rcl\_magist, a za 5 od reclass\_slope odnosno za 7 od reclass\_fbih. Itd za sve parove usporedbe kriterija kao na slici 13. Koeficijent konzistentnosti nam je 0,067 što znači da nam je odlučivanje bilo logično. Na kraju, imamo novu kartu koja nam pokazuje najpogodnija mjesta za gradnju depoa za otpad u FBIH.

Na slici 14 je karta koja nam pokazuje najpovoljnija mjesta za izgradnju deponije opasnoga otpada. Zelena boja znači najbolja mjesta za gradnju, dok je crvena najgora. Žuta je srednje riješenje.



Sl. 14. Konačna Karta dobivena AHP procesom  
Fig. 14. The final map obtained AHP process

## ZAKLJUČAK CONCLUSION

U cilju odabira najpovoljnije loakcije za izgradnju depoa otpada u Federaciji BiH koristili smo se kombinacijom dva alata, višekriterijumskog modela AHP i softwarea ArcMap, te poveznice između njih Visual Basic modula extAHP20 (Marinoni, 2006). Sam problem za odlučiti je bio navedena lokacija. Pripremom podataka u obliku karata i baze podataka, dobili smo podlogu za odabir kriterija u odlučivanju. Nakon određivanja prioriteta koji kriterij je važniji dobili smo konačnu vizualnu kartu, koja se može predočiti osobama koje daju krajnje mišljene za izgradnju depoa.

Na konačnoj karti se vidi da su zelene površine najpogodnije za lokaciju, dok su crvene najnepogodnije. Na ovaj način smo mogli donijeti i druge odluke, s obzirom na promjenu kriterija. Kako uvođenjem novih kriterija, tako promjenom prioriteta između kriterija.

## Literatura

## References

- Malczewski, J. T.: GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature, *International Journal of Geographical Information Science*, Volume 20 (7), 703-726, 2006.
- Saaty, T.L.: *The analytical hierarchy process*, McGraw Hill, New York, 1980.
- Marinoni, O.: Implementation of the analytical hierarchy process with VBA in ArcGIS, *Computers and Geosciences*, Volume 30 (6), 637-646, 2004.
- Jandrić, Z., Srđević, B.: Analitički hijerarhijski proces kao podrška odlučivanju u vodoprivredi, *Vodoprivreda* 32: 327-334, 2000.
- Džeba, B.: Izgradnja izvršnih informacionih sustava korištenjem Expert Choica, *Ekonomski fakultet u Mostaru*, 1996.
- CEC: CORINE land cover technical guide - Addendum 2000, *Evropska komisija*, 2000. Marinoni, O.: Makro extAHP20 preuzet sa : <http://www.arcgis.com/home/item.html?id=bb3521d775c94b28b69a10cd184b7c1f>, 2009.
- Saaty, T. L. (1977): A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*
- Saaty, L.T. (1990): How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research* 48, 9-26.

## SUMMARY

### **USING GIS AND ANALYTIC HIERARCHY PROCESS IN DETERMINING THE SUITABILITY OF LAND FOR CONSTRUCTION OF WASTE FACILITIES IN FEDERATION OF BOSNIA AND HERZEGOVINA**

#### **Boris Džeba**

University of Mostar, Faculty of Science and Education  
Matice hrvatske bb, Mostar, Bosnia and Herzegovina  
dzeba.boris@tel.net.ba

In order to select the best location to build waste depots in Federaciji BiH we used a combination of two tools, multi-criteria model AHP and ArcMap software, and links between the Visual Basic module extAHP20. The problem for the decision was optimal location. Preparation of data in the form of maps and database, we get a basis for the selection criteria in deciding process. After prioritization of the criteria, which is more important, we get the final visual map, which can be present to people who give the final opinion on the construction of the depot. In the final map to see that the green areas most suitable for the location, while the red most unfavorable. In this way we can make other decisions, given the change in criteria. As the introduction of new criteria, so changing priorities between criteria.

#### **Author:**

**Boris Džeba**, master of economy, assistant at Faculty of Science and Education of University of Mostar, Department of Geography, main field of interest is GIS, decision support system and sustainable development. Currently performs doctoral study at University of Mostar, in field of Natural Science.