

PRIMENA GIS-a I ANALITIČKOG HIJERARHIJSKOG PROCESA U ODREĐIVANJU POGODNOSTI ZEMLJIŠTA ZA NAVODNJAVANJE

Zorica SRĐEVIĆ¹, Ratko BAJČETIĆ², Bojan SRĐEVIĆ¹, Boško BLAGOJEVIĆ¹

¹ Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Departman za uređenje voda

² Javno vodoprivredno preduzeće "Vode Vojvodine", Novi Sad

REZIME

Strategijom razvoja poljoprivrede u Srbiji predviđena je izgradnja novih sistema za navodnjavanje i značajno povećanje površina pod takvim sistemima. Pošto će se sistemi graditi na obradivom poljoprivrednom zemljištu viših klasa pogodnosti za navodnjavanje, sprovedena su istraživanja u tom pravcu koja se baziraju na kombinovanju GIS-a i višekriterijumske tehnike za podršku odlučivanju, Analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP). U radu je prikazan koncept kombinovanja ove dve tehnike, a zatim je tretiran konkretan problem identifikacije pogodnih zemljišta za navodnjavanje u opštini Mali Idoš u Vojvodini. Prvo su za izabrane kriterijume (topografija, pedologija, blizina kanala), definisane rasterske mape pogodnosti u GIS-u, a zatim su određeni težinski koeficijenti kriterijuma pomoću AHP-a. Množenjem težinskog koeficijenta kriterijuma i odgovarajuće mape pogodnosti za taj kriterijum dobija se na rasterskom nivou 'otežana mapa' za svaki kriterijum, da bi se na kraju objedinjavanjem svih mapa došlo do konačne mape pogodnosti. U radu se predlaže da se na kraju postupka konačna mapa uporedi sa mapom motivisanosti za navodnjavanje. Na taj način je povezivanje GIS-a i AHP-a (predloženo od strane drugih autora) ovde prošireno na post-analizu aspiracija budućih korisnika sistema. Ovakve analize omogućavaju planerima i donosiocima odluka na lokalnom, regionalnom i državnom nivou lakše donošenje odluka o tome gde prvo proširiti površine za navodnjavanje.

Ključne reči: AHP, GIS, donošenje odluka, navodnjavanje

1. UVOD

Opšte je poznato da je situacija u Srbiji što se tiče navodnjavanja nepovoljna i da je Srbija pri dnu

evropskih zemalja po procentu navodnjavanja obradivog zemljišta. Strategija razvoja poljoprivrede Srbije predviđa povećanje tog procenta i izgradnju novih sistema za navodnjavanje na obradivim poljoprivrednim zemljištima viših klasa pogodnosti za navodnjavanje. Pri donošenju odluka gde graditi nove sisteme na nekom području, potrebno je imati podatke gde se takva zemljišta nalaze. Ovi podaci predstavljaju prostornu informaciju koja se prikazuje korišćenjem GIS-a. Iako je GIS snažan alat za rukovanje prostornim podacima koji nudi velike mogućnosti za njihovo prikazivanje i analizu, uočeno je da primena samo GIS-a nije dovoljna da obuhvati kompleksnost problema određivanja pogodnosti zemljišta za neku namenu i neposredno doprinese merodavnom donošenju odluka o tome kako i gde koristiti zemljište.

Problem kompleksnosti i obuhvatanja različitih faktora (u novije vreme i socijalnih, ekoloških i ekonomskih) u oceni pogodnosti zemljišnih resursa u poslednjih 15 godina se rešava kombinovanjem GIS-a i nekih od višekriterijumskih alata za individualnu i grupnu primenu. U preglednom radu [1], konstatovano je da se broj primena ovakvih kombinacija alata tokom godina eksponencijalno povećavao i da su rešavani problemi u različitim oblastima: upravljanje vodama, poljoprivreda, ekologija/zaštita životne sredine, transport, regionalno planiranje, turizam, itd.

Pregled relevantnih naučnih i stručnih izvora pokazao je da se u kombinaciji sa GIS-om u svetu koriste praktično sve važnije višekriterijumske tehnike i alati: a) metodi idealne tačke (TOPSIS i CP), b) Analitički hijerarhijski proces (AHP) i c) metodi preference (ELECTRE i PROMETHEE).

U velikom broju slučajeva koristi se AHP, kao jedan od poznatih i široko prihvaćenih alata za podršku odlučivanju. Na primer, GIS i AHP su kombinovani u

problemima vezanim za ocenu poljoprivrednog zemljišta u okolini urbanih sredina [2], korišćenje zemljišta u urbanim sredinama [3], [4], definisanje prioriteta za zaštitu šumskih područja [5], u problemima vezanim za navodnjavanje [6], [7], [8].

Metodologija kombinovanja GIS-a i AHP-a detaljno je prikazana u [9] i iskorišćena je u ovom radu za određivanje pogodnosti zemljišta za navodnjavanje u opštini Mali Idoš u Vojvodini, uzimajući u obzir topografiju, pedologiju i blizinu kanala. Kao nastavak ove metodologije prikazana je originalna dodatna analiza dobijene mape pogodnosti koja uzima u obzir ograničenja koja se odnose na realnu upotrebljivost zemljišta i podatke o motivisanosti (aspiracijama) vlasnika zemljišta za navodnjavanje.

Struktura rada je sledeća. U poglavlju 2 dat je pregled osnovnih karakteristika AHP-a i prikazana je metodologija za određivanje pogodnosti zemljišta za navodnjavanje kombinovanjem GIS-a i AHP-a. Primena metodologije na primeru iz Srbije data je u poglavlju 3, a diskusija u poglavlju 4. Zaključci rada prikazani su u poglavlju 5.

2. METODOLOGIJA

2.1 Analitički hijerarhijski proces (AHP)

Analitički hijerarhijski proces (AHP) [10], je jedan od najčešće korišćenih višekriterijumskih metoda koji se u višegodišnjoj praksi dokazao kao značajna pomoć donosiocima odluka. O AHP-u je dovoljno pisano i na

srpskom jeziku (videti npr. [11], [12], [13]), a ovde će biti izloženo samo osnovno o metodi, odnosno o onom delu u kome se određuju težinski koeficijenti kriterijuma i alternativa.

AHP se zasniva na prikazivanju problema odlučivanja u vidu hijerarhije i poređenju u parovima elemenata jednog nivoa u odnosu na elemente u višem nivou hijerarhije korišćenjem Satijeve skale (Tabela 1).

Ako se tretira opšta tronivovska hijerarhija (cilj-kriterijumi-alternative) sa M kriterijuma i N alternativa, tada se na nivou kriterijuma isti porede u parovima u odnosu na cilj, a na nivou alternativa iste se međusobno porede u odnosu na svaki kriterijum posebno. Rezultati poređenja se, kao numerici iz Satijeve skale, unose u odgovarajuće matrice iz kojih se računaju lokalni vektori prioriteta, tj. težinski koeficijenti elemenata koji su poređeni. Ako je w_j izračunata lokalna težina (prioritet) kriterijuma u odnosu na cilj, a x_{ij} lokalna težina i -te alternative u odnosu na j -ti kriterijum, tada se ukupna težina date alternative (u odnosu na sve kriterijume) dobija aditivnom agregacijom:

$$z_i = \sum_{j=1}^M w_j \cdot x_{ij} . \quad (1)$$

Konačni rezultat AHP je vektor $z = (z_1, z_2, \dots, z_N)$ koji sadrži težine alternativa na baznom nivou hijerarhije u odnosu na cilj na vrhu hijerarhije. Najveća vrednost z odgovara 'najboljoj alternativu', a najmanja 'najgoroj alternativu'.

Tabela 1. Satijeva skala

Definicija	Satijeva skala
Apsolutna dominantnost elementa i nad elementom j	9
Vrlo jaka dominantnost i nad j	7
Jaka dominantnost i nad j	5
Slaba dominantnost i nad j	3
Isti značaj i i j	1
Međuvrednosti	2,4,6,8

2.2 GIS i AHP

Postupak kombinovanja AHP-a i GIS-a u cilju definisanja pogodnosti zemljišta za jednu ili više namena sastoji se iz sledećih koraka [9]:

1. Definisanje problema.
2. Identifikacija zainteresovanih strana u procesu odlučivanja i definisanje kriterijuma za ocenu pogodnosti zemljišta.
3. Prikupljanje i priprema podataka (digitalizacija, statistička analiza, definisanje koncepcije baze podataka itd.).
4. Formiranje rastera podataka za svaki kriterijum.
5. Klasifikacija skupova podataka i formiranje mapa pogodnosti za svaki kriterijum.
6. Formiranje matrice odlučivanja i evaluacija kriterijuma.
7. Izračunavanje težinskih koeficijenata kriterijuma.

8. Otežavanje mapa pogodnosti i sumiranje otežanih mapa u konačnu mapu pogodnosti.

Pod pretpostavkom da je problem definisan, da su definisani kriterijumi, da su prikupljeni i pripremljeni odgovarajući podaci i formiran raster podataka za svaki kriterijum, od interesa su koraci 5-8 koji će biti detaljno opisani.

Kriterijum	Granice	Klasa ($k = 1, \dots, 3$)	Skor v_k
C_i	$< b$	K1: Visoka pogodnost	9
	Između a i b	K2: Srednja pogodnost	7
	$> a$	K3: Niska pogodnost	5

Posle klasifikacije se pristupa formiranju mape pogodnosti za svaki kriterijum tako da svaka ćelija u rasteru na mapi za dati kriterijum bude svrstana u odgovarajuću klasu, čime joj se dodeljuje i odgovarajući skor.

Korak 6. Formiranje matrice odlučivanja i poređenje kriterijuma.

Za kriterijume C_1, \dots, C_M , formira se matrica odlučivanja:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1M} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2M} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{M1} & a_{M2} & \dots & a_{MM} \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Elementi matrice su rezultat poređenja kriterijuma u parovima korišćenjem Satijeve skale (Tabela 1).

Korak 7. Izračunavanje težinskih koeficijenata kriterijuma.

U standardnom AHP-u se za određivanje težina kriterijuma koristi metod sopstvenih vrednosti (Eigenvector Method), [10]. Drugim rečima, određuje se glavni desni vektor sopstvenih vrednosti matrice A rešavanjem linearnog sistema:

$$A\mathbf{w} = \lambda \mathbf{w}, \quad \mathbf{w}^T \mathbf{w} = 1 \quad (3)$$

gde je \mathbf{w} traženi vektor težina kriterijuma, a λ najveća sopstvena vrednost (eigenvalue) matrice A .

Korak 5. Klasifikacija skupova podataka i formiranje mapa pogodnosti za svaki kriterijum.

Neka je definisan skup kriterijuma C_1, \dots, C_M . Podaci u rasterisanoj mapi koji se odnose na kriterijum C_i dele se u k klasa pogodnosti, a zatim se svakoj klasi dodeljuje skor v_k . Na primer, ako je kriterijum C_i cena, mogu se formirati tri klase pogodnosti:

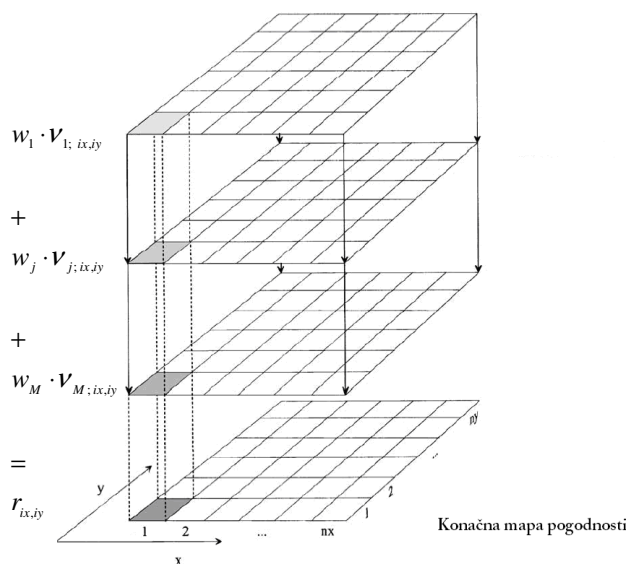
Korak 8. Sumiranje otežanih mapa kriterijuma u konačnu mapu pogodnosti.

Konačna mapa pogodnosti dobija se izračunavanjem ukupne pogodnosti svake ćelije rastera primenom sledećeg izraza:

$$r_{ix,iy} = \sum_{j=1}^M w_j v_{j;ix,iy} \quad ix = 1, \dots, nx; iy = 1, \dots, ny \quad (4)$$

gde je $r_{ix,iy}$ vrednost ćelije ix, iy na konačnoj mapi pogodnosti, w_j težinski koeficijent kriterijuma j , $v_{j;ix,iy}$ skor date ćelije za kriterijum j , a nx i ny su broj ćelija na rasteru u x i y pravcu.

Na Slici 1 [9], prikazana je suština opisanog postupka.



Slika 1. Postupak dobijanja konačne mape pogodnosti

3. PRIMER

Određivanje pogodnosti zemljišta za navodnjavanje spregnutim korišćenjem GIS-a i AHP-a izvršeno je za teritoriju opštine Mali Idoš, a vezu AHP-a i ArcGis-a desktop 9.3.1 omogućio je Visual Basic makro extahp.dll preuzet sa Interneta [14].

Teritorija opštine Mali Idoš se nalazi na južnom delu Regionalnog hidrosistema (RHs) Severna Bačka, na obodu Telečke visoravni. Osim manjih, povremeno bezvodnih korita, teritorijom opštine protiče reka Krivaja koja delom pripada i uključena je u magistralnu kanalsku mrežu RHs. Generalnim rešenjem sistema za snabdevanje vodom Severne Bačke iz 1985. godine definisan je podsystem Kula - Mali Idoš čiji magistralni kanal prolazi središnjim delom opštine i preseca Krivaju. Kanal je delimično izgrađen u zoni od vodozahvatne crpne stanice Kula u dužini od oko 6 kilometara do granice opštine Mali Idoš. Projektom je predviđeno da kanal dovodi vodu od kanala Vrbas - Beždan do Krivaje i dalje do Čika, a mreža razvodnih kanala, koji bi razvodili vodu od magistralnog kanala u unutrašnjost, nije razmatrana ovim projektom i biće predmet pojedinačnih projekata u budućnosti.

Topografske odlike terena su takve da se mogu izdvojiti prostrana, blago talasasta, zona lesne terase i široka i izražena dolina reke Krivaja. Teren je generalno nagnut u pravcu od severozapada ka jugoistoku, sa najvišom kotom terena 112,5 mnJm i najnižom (82,0 mnJm) na izlazu reke Krivaje sa teritorije opštine.

Zemljište opštine se po načinu korišćenja može grupisati na sledeći način. Najveći deo je poljoprivredno zemljište koje čini oko 85 % teritorije. Tri naseljena mesta (Mali Idoš, Lovćenac i Feketić) sa stambenom i industrijskom zonom čine oko 14 % teritorije opštine, a ostatak, manje od 1%, su šumske površine (šumsko-žbunasti tereni).

Pedološki pokrivač čini 7 različitih tipova od kojih su najizraženiji oblici erodiranih černozema, kalcifikovanih černozema i černozema sa znacima oglejavanja. Hidromorfni crnica ima malo, samo u najužem pojasu oko reke Krivaje.

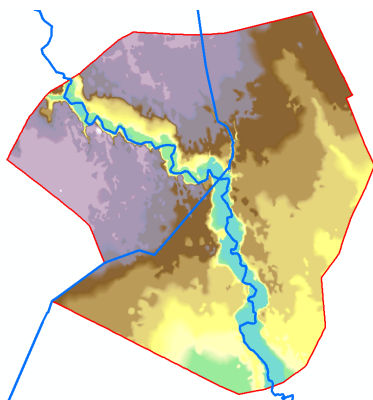
Kao kriterijumi za ocenu pogodnosti zemljišta za navodnjavanje usvojeni su:

1. *Udaljenost (Recl_Path_M_Idjos)*; predstavlja udaljenost parcele od magistralnih pravaca snabdevanja vodom, Krivaje i projektovane trase magistralnog kanala regionalnog podsystema Kula - Mali Idoš.
2. *Tip zemljišta (Recl_Soil_M_Idjos)*; obuhvata biološku vrednost zemljišta, tip pedološkog pokrivača i stepen pogodnosti za navodnjavanje;
3. *Pad (Recl_Slop_M_Idjos)*; padovi terena dati su kao izvedena veličina na osnovu digitalnog modela terena (DTM).

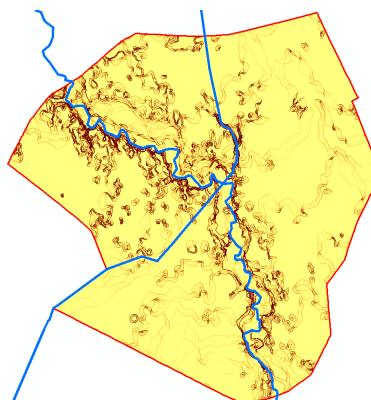
Na početku (korak 5 opšte metodologije) je izvršeno pretvaranje rasterske podloge (veličine ćelija 10x10 metara) u reklasifikovani rasterski oblik i dodeljeni su skorovi v_k definisanim klasama. Skorovi v_k su celobrojne pozitivne vrednosti iz raspona definisanog od strane korisnika.

Procedura je opisana na primeru reklasifikacije kriterijuma *Pad*. Na osnovu DTM (Slika 2), softverskim alatom Slope iz ArcGIS-a određuju se padovi terena koji mogu biti dati u stepenima ili iskazani procentualno (Slika 3). Tako određeni padovi sadrže decimalne brojeve, odnosno necelobrojne vrednosti, u obliku float i ne mogu se koristiti u AHP analizi. Reklasiranje rasterske podloge padova terena vrši se softverskim alatom Reclass iz ArcGIS-a, gde se rasterske ćelije klasifikuju i grupišu prema vrednostima padova u unapred zadate klase (Slika 4). Rasterske ćelije ovde su grupisane tako što su sve vrednosti padova u opsegu vrednosti 0,0-0,5 dobile novu vrednost iskazanu brojem 9 (najbolja ocena=najpogodnija), u opsegu 0,5-1,0 vrednost 8, itd. Napomena: usvojena skala ocenjivanja do 9 je arbitrarna i nije ni u kakvoj vezi sa Satijevom skalom iz Tabele 1. Dobijena reklasifikovana podloga padova na ovaj način je pretvorena u operativnu rastersku podlogu za primenu AHP-a (Slika 5). Postupak reklasifikacije za ostala dva kriterijuma je sličan i ovde neće biti prikazan.

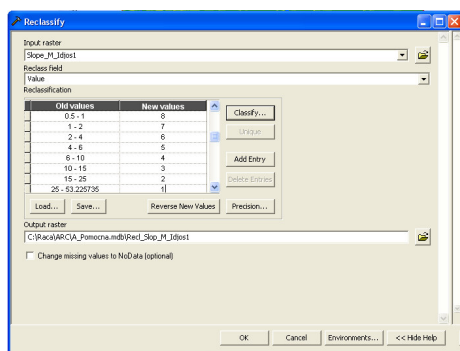
Sledeća etapa (kao početni deo koraka 6 u opštoj metodologiji) je formiranje matrice odlučivanja i poređenje kriterijuma, što je omogućeno instaliranjem makroa extahp.dll. Posle instalacije makroa, u ArcGis-u se formira modul za vrednovanje kriterijuma u AHP smislu (korak 6), izračunavanje težinskih vrednosti kriterijuma (korak 7) i formiranja konačne mape pogodnosti (korak 8).



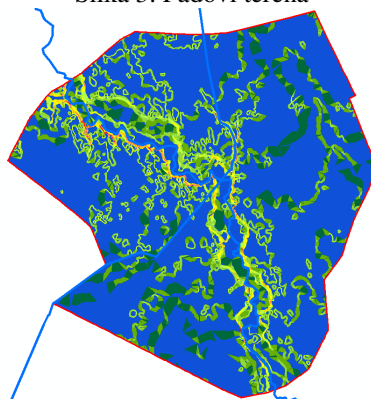
Slika 2. Digitalni model terena



Slika 3. Padovi terena



Slika 4. Primena softverskog alata Reclass na rastersku podlogu padova terena

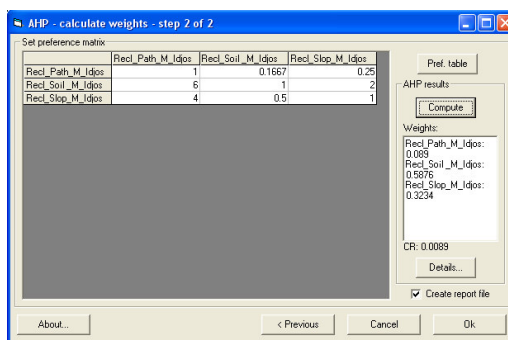


Slika 5. Reklasifikovana podloga padova

Pokretanjem modula od korisnika se zahteva selektovanje reklasifikovanih rasterskih mapa kriterijuma (ovde su to *Recl_Path_M_Idjos*, *Recl_Soil_M_Idjos* i *Recl_Slop_M_Idjos*). Na Slici 6 prikazan je meni modula u kome je formirana matrica poređenja kriterijuma. Ovu matricu popunjava ekspert međusobnim poređenjem kriterijuma u parovima u AHP smislu, korišćenjem Satijeve skale iz Tabele 1. Vrednovanje kriterijuma je u radu izvršeno nakon konsenzusa autora rada.

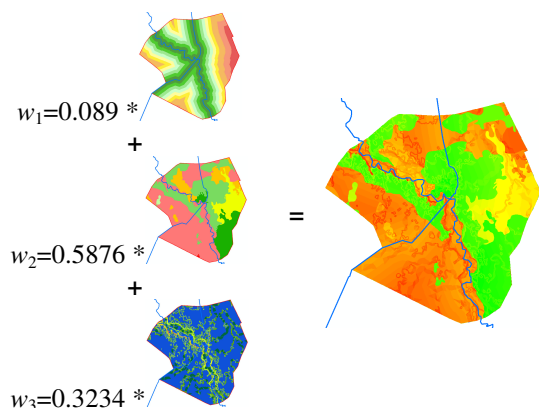
Posle unošenja numerika iz Satijeve skale u matricu poređenja, pritiskom na dugme *Compute* dobijaju se težinske vrednosti kriterijuma koje se u meniju prikazuju u prozoru *Weights*. Dobijene težine kriterijuma su: *Recl_Path_M_Idjos* je $w_1=0.089$, kriterijuma *Recl_Soil_M_Idjos* $w_2=0.5876$ i kriterijuma *Recl_Slop_M_Idjos* $w_3=0.3234$.

Modul takođe izračunava i konzistentnost. Ovde je $CR=0,0089$, što znači da je konzistentnost zadovoljena (preporučeno $CR<0,1$) [10]. Time je završen korak 7 opšte metodologije.



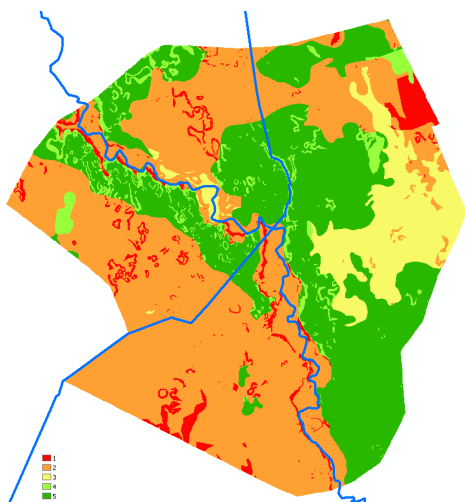
Slika 6. Modul u ArcGIS-u koji povezuje GIS i AHP – vrednovanje kriterijuma

Realizacija konačne etape (korak 8) postiže se pritiskom na dugme *Ok* u glavnom meniju modula (vidi Sliku 6). Modul automatski množi težine kriterijuma sa skorom svake ćelije rastera mape pogodnosti svakog kriterijuma i formira konačnu mapu pogodnosti, Slika 7. Pri tome se koristi jednačina (4).



Slika 7. Konačna mapa pogodnosti zemljišta za navodnjavanje u opštini Mali Idoš

Dobijena konačna mapa je reklasifikovana u 5 klasa, Slika 8. Zelenom bojom (označena u Legendi brojem 5) je obeleženo zemljište koje je najpogodnije za navodnjavanje na bazi kriterijuma pad, tip zemljišta i udaljenost, a crvenom (oznaka 1) ono koje je najmanje pogodno. Boje između zelene i crvene predstavljaju zemljište čija je pogodnost između najbolje i najgore.

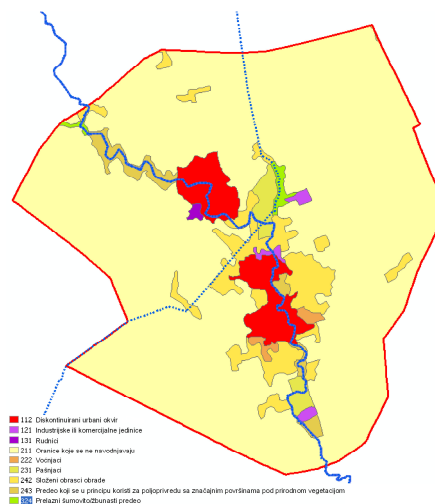


Slika 8. Konačna mapa pogodnosti podeljena u 5 klasa

4. DISKUSIJA

Da bi se planerima i donosiocima odluka mogle dati preporuke gde povećati površine za navodnjavanje, konačna mapa pogodnosti sa Slike 8 je poređena sa ograničenjima datim u vidu klasifikacije o upotrebi zemljišta na osnovu projekta CORINE [15]. Svetlo

žutom bojom na Slici 9 označene su poljoprivredne površine u opštini Mali Idoš kao potencijalne površine gde bi se mogle povećati postojeće površine za navodnjavanje.



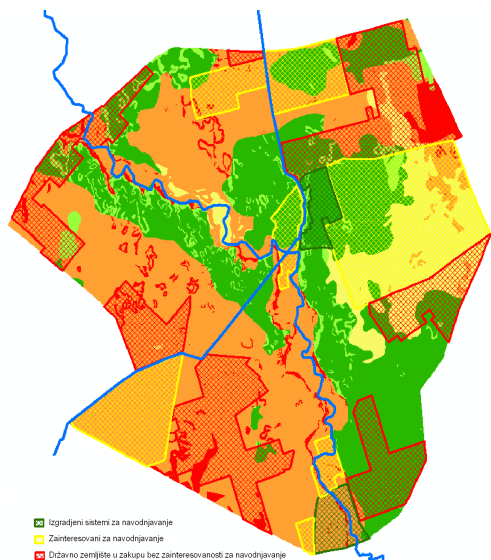
Slika 9. Upotreba zemljišta u opštini Mali Idoš na osnovu projekta CORINE

Ako se Slika 9 uporedi sa Slikom 8, vidi se da se neka pogodna zemljišta moraju eliminisati iz procesa odlučivanja jer po CORINE nisu klasifikovana kao poljoprivredna zemljišta.

Autori rada smatraju da je prikazana metodologija (1-8), predložena od strane drugih autora, neophodna ali ne i potpuna da bi doneta odluka o proširenju teritorija pod sistemima za navodnjavanje bila primenljiva u realnim uslovima. Zbog toga se predlaže post-analiza u kojoj se konačna mapa pogodnosti poredi sa aspiracijama budućih korisnika sistema.

Na Slici 10 uporedo je prikazana konačna mapa pogodnosti sa prostornim prikazom rezultata Ankete o zainteresovanosti za navodnjavanje iz 2008. godine [16]. Zelenom mrežom označeni su izgrađeni sistemi, žutom gde postoji zainteresovanost, a crvenom mrežom zemljište bez zainteresovanosti vlasnika (korisnika) za navodnjavanje.

Ova post-analiza ukazuje na to da na nekim područjima sa najpogodnijim zemljištem za navodnjavanje nema zainteresovanosti za navodnjavanje i da bi odluka doneta samo na osnovu konačne mape pogodnosti (uz ograničenja iz CORINE) bila neprimenljiva u praksi.



Slika 10. Uporedni prikaz pogodnosti zemljišta za navodnjavanje i zainteresovanosti za navodnjavanje u opštini Mali Idoš

5. ZAKLJUČAK

Primena strategije razvoja poljoprivrede u Srbiji i povećanje procenta poljoprivrednog zemljišta koje se navodnjava podrazumeva da se zna gde se nalazi zemljište koje je za to pogodno. Ovde je u cilju određivanja pogodnosti zemljišta za navodnjavanje primenjena kombinacija višekriterijumskog metoda AHP i softvera za upravljanje prostornim podacima, ArcGIS 9.3.1. Veza ova dva alata omogućena je preko makroa extahp.dll, napisanog u Visual Basic-u. Modul dobijen instaliranjem makroa je prilagođen korisniku, i uz prateći pomoćni materijal, jednostavan je za korišćenje ukoliko se znaju osnovne postavke metoda AHP.

Primena kombinacije GIS-a i AHP-a na realnom primeru određivanja pogodnosti zemljišta za navodnjavanje u opštini Mali Idoš u Vojvodini pokazala se uspešnom i opravdanom, jer je omogućila ocenu pogodnosti na osnovu više različitih faktora. U toku primene vršena su dopunska istraživanja i zaključeno je da su rešenja iz navedene metodologije nedovoljna za konačno i merodavno definisanje preporuka o povećanju površina namenjenih za navodnjavanje. Naime, poredeći konačnu mapu pogodnosti sa zainteresovanošću vlasnika (korisnika) zemljišta za navodnjavanje, može se doneti zaključak da iako je u nekim područjima zemljište klasifikovano kao pogodno, proširenje sistema za navodnjavanje se ne preporučuje jer nema zainteresovanosti za to. Iz navedenog

proizilazi da metodološki postupak mora biti iterativan, u smislu vraćanja na neke korake koji su proistekli iz uvažavanja aspiracija budućih korisnika zemljišta i sistema za navodnjavanje.

Zahvalnost: Rad je rezultat istraživanja u okviru projekta Osnovnih istraživanja u oblasti Matematike i Mehanike (2006-2010. god.) koji finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije (Br. projekta – 144009; naziv projekta – 'Analitički hijerarhijski proces (AHP): teorija i metodologija primene u individualnom i grupnom višekriterijumskom odlučivanju').

LITERATURA

- [1] 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.
- [2] Thapa, R. B., Murayama, Y.: Land evaluation for peri-urban agriculture using analytical hierarchical process and geographic information system techniques: A case study of Hanoi, *Land Use Policy*, Volume 25 (2), 225-239, 2008.
- [3] Yang, F., Zeng, G., Du, C., Tang, L., Zhou, J., Zhongwu, L.: Spatial analyzing system for urban land-use management based on GIS and multi-criteria assessment modeling, *Progress in Natural Science*, Volume 18 (10), 1279-1284, 2008.
- [4] Dai, F. C., Lee, C. F., Zhang, X. H.: GIS- based geo-environmental evaluation for urban land-use planning: a case study, *Engineering Geology*, Volume 61 (4), 257-271, 2001.
- [5] Valente, R. O. A., Vettorazzi, C. A.: Definition of priority areas for forest conservation through the ordered weighted averaging method, *Forest Ecology and Management*, Volume 256 (6), 1408-1417, 2008.
- [6] Tiwari, D. N., Loof, R., Paudyal, G. N.: Environmental-economic decision-making in lowland irrigated agriculture using multi-criteria analysis techniques, *Agricultural Systems*, Volume 60 (2), 99-112, 1999.
- [7] Chen, Y., Khan, S., Paydar, Z.: To retire or expand? A fuzzy GIS-based spatial multi-criteria evaluation, *Framework for Irrigated Agriculture, Irrigation and Drainage*, 2009a, published online.

- [8] Chen, Y., Yu, J., Shahbaz, K., Xevi, E.: A GIS-based sensitivity analysis of multi-criteria weights, 18th World IMACS / MODSIM Congress, Cairns, Australia, 13-17 July 2009.
<http://mssanz.org.au/modsim09>
- [9] Marinoni, O.: Implementation of the analytical hierarchy process with VBA in ArcGIS, Computers and Geosciences, Volume 30 (6), 637-646, 2004.
- [10] Saaty, T.L.: The analytical hierarchy process, McGraw Hill, New York, 1980.
- [11] Jandrić, Z., Srđević, B.: Analitički hijerarhijski proces kao podrška odlučivanju u vodoprivredi, Vodoprivreda 32: 327-334, 2000.
- [12] Srđević, B., Kolarov, V.: Varijantna AHP vrednovanja dispozicija crpnih stanica na slivnom području, Vodoprivreda 37:216-218, 203-214, 2005.
- [13] Srđević, B., Suvočarev, K., Srđević, Z.: AHP grupno odlučivanje bez konsenzusa: primer planiranja segmentacije mokrog polja, Vodoprivreda 40: 51-58, 2008.
- [14] Marinoni, O.: Makro extahp.dll preuzet sa sajta : <http://arcscrips.esri.com/details.asp?dbid=13764>, 2009.
- [15] CEC: CORINE land cover technical guide - Addendum 2000, Evropska komisija, 2000.
- [16] +++ Hidrozavod AD: Izveštaj o anketiranju o zainteresovanosti za navodnjavanje na teritoriji podsistema Kula-Mali Idoš, Novi Sad, 2008.

APPLICATION OF GIS AND ANALYTIC HIERARCHY PROCESS IN DETERMINING THE SUITABILITY OF LAND FOR IRRIGATION

by

Zorica SRDJEVIC ¹, Ratko BAJCETIC ², Bojan SRDJEVIC ¹, Bosko BLAGOJEVIC ¹

¹University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Department of Water Management;

²Public Water Management Company "Vode Vojvodine", Novi Sad

E-mail: srdjevicz@polj.uns.ac.rs

Summary

Strategy of agricultural development of Serbia anticipates construction of new irrigation systems and significant increase of the area under such systems. Since those systems will be built on an arable agricultural land of higher suitability for irrigation, we combined GIS and Analytical hierarchy process (AHP), one of the multicriteria techniques, in order to classify agricultural land. The paper describes the concept of combining these two techniques and the application of the proposed concept on a real problem of identifying suitable land for irrigation in Mali Idjos County in Vojvodina Province. After selecting criteria (topography, soil quality, proximity of channels), raster maps in GIS are defined and the weights of the criteria determined by using AHP. Multiplying the criteria

weights and the corresponding raster maps, 'weighted criteria maps' are obtained. Final suitability map is produced by aggregating weighted criteria maps. At the final stage authors suggest comparing resulting suitability map with the land users' 'motivation map for irrigation'. In this way, combination of GIS and AHP (which is proposed by other authors) is extended to post-analysis of aspirations of the future users. Such an analysis may eventually help planners and decision makers at local, regional and national level to make correct decision on where firstly to extend areas under the irrigation systems.

Key words: AHP, GIS, decision making, irrigation

Redigovano 17.05.2010.