

Dušica Jovanović
Irena Blagajac
Univerzitet u Beogradu
Geografski fakultet
dusica.jovanovic@gef.bg.ac.rs

**VIŠEKRITERIJUMSKA GIS ANALIZA U FUNKCIJI
RAZVOJA REKREATIVNOG TURIZMA NA PRIMERU
OPŠTINE BOLJEVAC**

Apstrakt: Ovaj rad istražuje primenu geografskih informacionih sistema (GIS) za analizu razvoja rekreativnog turizma na primeru opštine Boljevac. Rekreativni turizam predstavlja granu turizma koja podrazumeva boravak na otvorenom (pešačenje, planinarenje, biciklizam i dr.). Opština Boljevac ima visok potencijal za razvoj rekreativnog turizma koji se ogleda u postojanju Bogovinske pećine, planine Rtanj, blizini Lazarevog kanjona i dr. Cilj istraživanja je identifikacija najpogodnijih lokacija u opštini Boljevac za razvoj rekreativnog turizma uzimajući u obzir različite kriterijume kao što su nadmorska visina, nagib terena, udaljenost od puteva, udaljenost od vodenih površina, udaljenost od naselja, namena površina, udaljenost od zaštićenih prirodnih dobara i udaljenost od kulturnih dobara. Primenjena metodologija zasniva se na Multi-objective optimization on the basis of ratio analysis (MULTIMOORA) metodu, a to podrazumeva prikupljanje, obradu i interpretaciju geoprostornih podataka u GIS okruženju. Na osnovu istraživanja u zaključku su date smernice za podršku u donošenju odluka pri razvoju rekreativnog turizma što omogućava efikasnije korišćenje prostora i adekvatnu zaštitu životne sredine.

Ključne reči: Geografski informacioni sistemi (GIS), rekreativni turizam, višekriterijumska analiza

Uvod

Predmet istraživanja rada je analiza potencijala razvoja rekreativnog turizma u opštini Boljevac. Zadatak istraživanja je da se obradom različitih kriterijuma kao što su nadmorska visina, nagib terena, udaljenost od puteva, udaljenost od vodenih površina, udaljenost od naselja, namena površina, udaljenost od zaštićenih prirodnih dobara i udaljenost od kulturnih dobara izdvoje najpovoljnije lokacije za aktivnosti koje podrazumeva rekreativni turizam. Cilj rada je identifikacija i prikaz najpogodnijih lokacija za razvoj rekreativnog turizma na teritoriji analizirane opštine.

U Istočnoj Srbiji, u dolini Crnog Timoka u Timočkoj krajini, između planinskih venaca Kučajskih planina, Rtnja, Tumbe, Slemena i Tupižnice nalazi se opština Boljevac koju karakteriše, nedovoljna razvijenost, depopulacija i emigracija. To je najmanje naseljena opština u Timočkoj krajini i u Zaječarskom okrugu, a spada u red manje naseljenih opština u Srbiji.

Geomorfološki oblici reljefa koji se izdvajaju su klisure, kanjoni i pećine. Turistički potencijal predstavljaju šumski predeli na padinama planina, brojna vrela, bogata flora i fauna (Regionalni plan upravljanja otpadom za gradove Zaječar i Bor i opštine Boljevac, Kladovo, Majdanpek, Negotin i Knjaževac, 2022). Reljefni uslovi omogućavaju sprečavanje dolaska zagađujućih materija u vazduhu iz industrijskih centara, kao što su Bor, Zaječar, Novi Popovac. Negativan uticaj na kvalitet vazduha imaju izvori zagađenja u naselju (saobraćaj i individualna ložišta) (План генералне регулације за насељено место Бољевац, 2011).

Zastupljeni su brojni vodotokovi koji potiču iz jakih vrela, od kojih se ističe Vrelo Crnog Timoka u Krivom Viru (Regionalni plan upravljanja otpadom za gradove Zaječar i Bor i opštine Boljevac, Kladovo, Majdanpek, Negotin i Knjaževac, 2022). Crni Timok je do Zaječara svrstan u II klasu kvaliteta, pa je izgrađena akumulacija „Bogovina“ koja snabdeva vodom deo Istočne Srbije. Voda Crnog Timoka nizvodno od Boljevca je fizičko-hemijski u granicama prosečne klase (sa povremenim odstupanjima sadržaja gvožđa i sadržajem suspendovanih čestica), dok

bakteriološki voda pripada 3. i 4. klasi boniteta što znači da se otpadne vode u opštini Boljevac ne prečišćavaju. Ovakav kvalitet vode remeti korišćenje vode Crnog Timoka za potrebe rekreacije i vodosnabdevanja. Zagađenje zemljišta nastaje na industrijskom prostoru, na mestu deponije „Obla“ i na drugim divljim deponijama (План генералне регулације за насељено место Бољевац, 2011). Timočki region je bogat vodom, ali ne vodom za piće, dominantni izvori podzemne vode u pukotinama karstnih izdani nisu dovoljne za vodosnabdevanje naselja i turističkih mesta. Problem je rešen izgradnjom veštačke akumulacije Bogovina na Crnom Timoku kod Boljevca i sličnih akumulacija u drugim mestima Timočkog regiona (Momirović, 2008).

Saobraćajni položaj opštine je povoljan, najznačajniji je magistralni koridor Paraćin – Zaječar (pravac istok-zapad) i preko prevoja Stolice povezuje dolinu Timoka sa Pomoravljem, odnosno sa autoputem Beograd – Niš. Boljevac je saobraćajno povezan sa Sokobanjskom kotlinom, a preko venca Vlaška Kapa sa Knjaževačkom regijom (Regionalni plan upravljanja otpadom za gradove Zaječar i Bor i opštine Boljevac, Kladovo, Majdanpek, Negotin i Knjaževac, 2022). Zaštita vazduha centralnog gradskog područja Boljevca je obezbeđena postavljanjem zelenog zaštitnog koridora koji odvaja industrijsku zonu i štiti gradsko naselje od zagađujućih supstanci u vazduhu. Takođe, planom generalne regulacije je predviđeno postavljanje zaštitnog zelenila u samom naselju, duž saobraćajnica zbog smanjenja zagađenja i buke. U gradskom naselju postoji Šuma-park sa dominantnom vrstom bora, to je mesto za rekreaciju stanovništva u okviru gradskog naselja (План генералне регулације за насељено место Бољевац, 2011).

Potencijali za razvoj turizma su prirodne vrednosti sa izraženo zdravom životnom sredinom i pogodnim fizičko-geografskim uslovima, ali su potencijal razvoja i kulturna dobra (Regionalni plan upravljanja otpadom za gradove Zaječar i Bor i opštine Boljevac, Kladovo, Majdanpek, Negotin i Knjaževac, 2022).

Spelološki spomenik prirode „Bogovinska pećina“ zaštićena 1974. godine i geomorfološki spomenik prirode „Kanjon Lazareve reke“ zaštićen 1949. godine, kao i specijalni rezervat prirode „Rtanj“ 1958. godine

(Avramović, 2003). Navedena zaštićena prirodna dobra predstavljaju najveći potencijal za razvoj rekreativnog turizma u opštini Boljevac.

Bogovinska pećina se nalazi na istočnom delu Kučaja, u blizini sela Bogovina na 266 m nadmorske visine, to je jedna od najvećih pećina u Srbiji. Dužina glavnog kanala je 2496 m. Pećina je izvorski speleološki objekat meandarskog tipa (Milanović, 2012), sa tri nivoa kanala (visoki, glavni i ponorski kroz koji protiče vodeni tok). Bogovinska pećina je stanište više endemičnih i reliktnih vrsta (Đurović 1998).

Kanjon Lazareve reke pozicioniran je u slivu Zlotske reke i predstavlja usečenu dolinu u krečnjačkom masivu (Avramović, 2003). Od prirodnih turističkih vrednosti izdvaja se Dubašnica zbog karakterističnog reljefa i biodiverziteta. Dubašnička kraška površ ima speleološke objekte (vrtače, škrape, terase, kanjone i klisure). Za potrebe turizma, posebno se ističe kanjon Lazareve reke sa visinom litica većom od 500 m i dužinom kanjona od 4,5 km, a širinom od 3 do 350 m. Za potrebe rekreativnog turizma kanjon nije adaptiran, jer ne postoji ni jedna pešačka staza zbog vertikalnih strana kanjona. Po svojim dimenzijama daleko nadmašuje kanjone i na prostorima bivše Jugoslavije, kao što je čuveni Vintgar u Sloveniji. Kanjon je dug 4,5 km, dubok do 350 metara sa leve strane, a sa desne strane litice kanjona su visoke preko 500 metara. Širina se kreće 3-4 metra u najužem delu na ulazu, a na pojedinim mestima i na izlazu iz kanjona širina je preko 350 metara. Kroz kanjon ne postoji nijedna pešačka staza. Strane kanjona su vrlo strme, najčešće su vertikalne, bez ikakvih fosilnih i dolinskih oblika, ali su zato česti urnisi i oburvavanje (Bujagić, Miljković, 2004).

Planina Rtanj predstavlja jedan od najvećih turističkih vrednosti u opštini Boljevac, a posebno ima potencijal za razvoj rekreativnog turizma. Rtanj predstavlja razvođe sliva Morave i Timoka. Najviši vrh je Šiljak (1560 m). Za Rtanj karakterističan je Karpatsko-pontijski klimat sa svežim letima i srednjom godišnjom temperaturom od 10°C, dugim i hladnim zimama, količina padavina u podnožju je 599 mm, a na vrhu 1100 mm, a dužina trajanja snežnog pokrivača je 8,5 meseci. Ovakvi klimatski uslovi pogoduju razvoju pešačkog turizma i drugih oblika rekreativnog turizma, sa akcentom provođenja vremena u prirodi. Posebnu turistička i

zdravstvena vrednost predstavlja lekovito bilje, od kojeg se izdvaja rtanjski čaj.

Kulturni objekti koji se izdvajaju su „Kulturno-obrazovni centar Boljevca“ sa bibliotekom i Muzej „Timočke bune“. Sakralni objekat koji se nalazi u okviru celine obuhvaćene GUP-om je crkva „Sv. Ilije proroka“ iz 1861. godine. Spomenik kulture zaštićen aktom zaštite je Kuća Dobrosava Petrovića, a postoje i drugi vredni objekti i prostorne celine koji su u postupku zaštite (zgrada šumske uprave, spomenik kod Starog parka palim u ratu 1912-1914, itd.). Gradski centar Boljevca može biti interesantan za posetioce zbog svoje čaršije koja ima istorijske urbanističke karakteristike (План генералне регулације за насељено место Бољевац, 2011).

Metodologija

Istraživano područje

Geografski položaj opštine igra važnu ulogu u njenom razvoju i značaju. Povoljan geografski položaj omogućava lakši pristup različitim tržištima i resursima, što otvara vrata za razvoj privrede, turizma i infrastrukture. Osim toga geografski položaj utiče i na ekonomski, socijalni, politički i ekološki razvoj.

Opština Boljevac (slika 1) nalazi se u okviru Zaječarskog upravnog okruga, blizu državne granice sa Rumunijom. Ukupna površina opštine je 827,6 km², nadmorska visina se nalazi u rasponu od 260 do 1.600 metara, a reljef je brdsko-planinski (Regionalni plan upravljanja otpadom za gradove Zaječar i Bor i opštine Boljevac, Kladovo, Majdanpek, Negotin i Knjaževac, 2022). Broj stanovnika iznosi 10.184 prema popisu stanovništva iz 2022. godine, a gustina naseljenosti je 12,3 st/km² (Републички завод за статистику, 2023).

Kroz opštinu prolaze državni putevi drugog A reda (oznake 218 i 219) (JP „Putevi Srbije“, 2023a), prvog B reda (oznaka 36) (JP „Putevi Srbije“, 2023b) i drugog B reda (oznake 391 i 395) (JP „Putevi Srbije“, 2023). Razvijena saobraćajna infrastruktura omogućava transport ljudi, robe i informacija, doprinoseći ekonomskom rastu i razvoju što omogućava isticanje turističkog potencijala opštine.



Slika 1. Geografski položaj opštine Boljevac

Fazi AHP

Pojam fazi skupa definisan je stepenom članstva objekata u skupu, a taj stepen se kreće od 0 (nije član skupa) do 1 (pripada skupu). Vrednosti između ovih granica nazivaju se srednjim stepenima pripadnosti i pokazuju stepen do kojeg element pripada skupu (Ertuğrul, Karakaşoğlu, 2009). Takav skup naziva se „rasplinuti” skup (\tilde{A}) i može se definisati na sledeći način (Huang, Ho, 2013):

$$\tilde{A} = \{x, \mu_{\tilde{A}}(x) \mid x \in U\} \quad (1)$$

Prema jednačini (1) $\mu_{\tilde{A}}(x)$ je funkcija pripadnosti i kreće se između 0 i 1, U se naziva skup mogućih vrednosti koje mogu uzeti promenljivu x . Fazi broj kao što je \tilde{A} ima sledeće karakteristike (Dubois, Prade, 1978):

- $\mu_{\tilde{A}}(x)$ je kontinuirano preslikavanje iz \mathbb{R} u zatvoreni interval $[0,1]$,
- $\mu_{\tilde{A}}(x)$ je konveksan rasplinit podskup,
- $\mu_{\tilde{A}}(x)$ je normalnost rasplinitog podskupa što znači da postoji broj x_0 koji čini $\mu_{\tilde{A}}(x_0) = 1$.

Fazi logika pruža širi okvir od klasičnog skupa (Ertuğrul, Tuş, 2007). Fazi logika modeluje neizvesne, složene situacije u slučaju nepreciznih i nepotpunih informacija. Uzima u obzir ljudsku subjektivnost i nepreciznost na osnovu kojih se pokušava doći do prihvatljivih rešenja (Bojadziev, Bojadziev, 1998). Trouglasti i trapezoidni raspliniti brojevi su jedni od najčešće korišćenih u praksi (Baykal, Beyan, 2004). U ovom radu korišćeni su trouglasti raspliniti brojevi. Članstvo trouglastog rasplinitog broja je definisano sa tri realna broja izraženih kao (l, m, u) koji ukazuju na najmanju moguću vrednost, najperspektivniju vrednost i najveću moguću vrednost (Deng, 1999). Prikaz fazi trouglastog broja dat je u sledećoj jednačini (Jie et al., 2006):

$$\mu_{\tilde{A}}(x) \begin{cases} (x-l)(m-l), l \leq x \leq m, \\ (u-x)(u-m), m \leq x \leq u, \\ 0, u \text{ ostalim slučajevima} \end{cases} \quad (2)$$

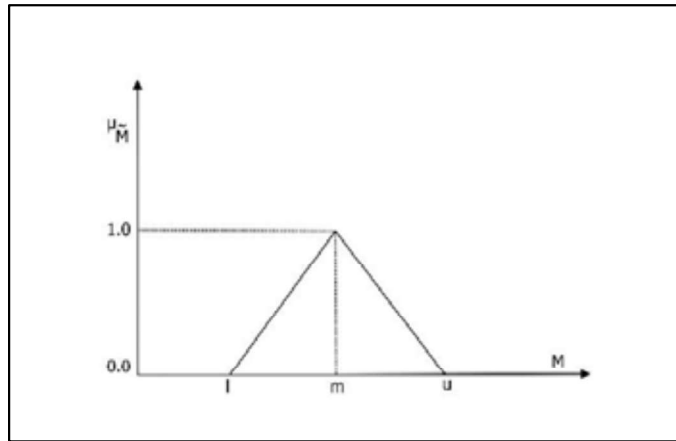
Tri važna pravila za dva fazi broja definisana sa $\tilde{A}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ i $\tilde{A}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ se prikazuju kao (Deng, 1999):

$$\tilde{A}_1 \oplus \tilde{A}_2 = (l_1, m_1, u_1) \oplus (l_2, m_2, u_2) = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \quad (3)$$

$$\tilde{A}_1 \otimes \tilde{A}_2 = (l_1, m_1, u_1) \otimes (l_2, m_2, u_2) = (l_1 \cdot l_2, m_1 \cdot m_2, u_1 \cdot u_2) \quad (4)$$

$$\tilde{A}_1 \ominus \tilde{A}_2 = (l_1, m_1, u_1)^{-1} \approx \left(\frac{1}{u_1}, \frac{1}{m_1}, \frac{1}{l_1}\right) \quad (5)$$

Fazi broj \tilde{m} prikazan je na slici 2.



Slika 2. Grafički prikaz fazifikovanog broja (izvor: Jie et al., 2006)

Postoje različiti fazi pristupi u literaturi koji prikazuju različite rezultate za iste podatke. Svaki pristup ima svoje specifičnosti za i protiv tako da je teško doneti odluku o tome koji je pristup najbolji (Chen et al., 1992).

Fazi analitički hijerarhijski proces predstavlja proširenje tradicionalnog AHP i razvijen je za rešavanje hijerarhijski nejasnih problema u matrici intervalnog prosuđivanja (Kahraman et al., 2003).

Matrice u paru se sastoje od trouglastih rasplinutih brojeva i date su na sledeći način (Wang et al., 2008):

$$\tilde{A} = (\tilde{a}_{ij})_{n \times n} = \begin{bmatrix} (1,1,1) & (1_{12}, m_{12}, u_{12}) & (1_{1n}, m_{1n}, u_{1n}) \\ (1_{21}, m_{21}, u_{21}) & (1,1,1) & (1_{2n}, m_{2n}, u_{2n}) \\ (1_{n1}, m_{n1}, u_{n1}) & (1_{n2}, m_{n2}, u_{n2}) & (1,1,1) \end{bmatrix} \quad (6)$$

Zbog subjektivnosti metoda Sati je napravio skalu (tabela 1) sa devet brojeva koji su transformisani u fazi broj što predstavlja prvi korak fazi AHP-a da bi mogla da se vrši dalja komparacija kriterijuma.

Tabela 1. Fazifikovana Satijeva skala za procenu značaja kriterijuma

Satijeva AHP skala	Fazifikovane vrednosti	Značaj
1	1,1,1	Istog značaja
3	2,3,4	Slaba dominantnost
5	4,5,6	Jaka dominantnost
7	6,7,8	Demonstrirana dominantnost
9	9,9,9	Apsolutna dominantnost

2	1,2,3	Međuvrednosti
4	3,4,5	
6	5,6,7	
8	7,8,9	

izvor: Saaty, 1988.

Recipročne vrednosti iskaza l, m, u definišu se iskazom $(l, m, u)^{-l}$. Tako definisana matrica omogućava dobijanje fazi geometrijske sredine za svaki red matrice (G_i) . EkspONENT izraza odgovara vrednostima $1/n$ u zavisnosti od broja kriterijuma (n) koji su u poređenju (Rouyendegh, Erkan, 2012):

$$G_i = (l_i, m_i, u_i), \quad (7)$$

$$l_i = (l_{i1} \otimes l_{i2} \otimes \dots \otimes l_{in})^{\frac{1}{n}}, i = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

$$m_i = (m_{i1} \otimes m_{i2} \otimes \dots \otimes m_{in})^{\frac{1}{n}}, i = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

$$u_i = (u_{i1} \otimes u_{i2} \otimes \dots \otimes u_{in})^{\frac{1}{n}}, i = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

Nakon toga generiše se pokazatelj sume l_i, m_i, u_i , vrednosti (G_T) . Vrednost G_T dobija se vertikalnim sumiranjem vrednosti fazi brojeva i predstavlja jedinstvenu vrednost za konkretnu matricu poređenja (Rouyendegh, Erkan, 2012). Prema dobijenom pokazatelju vrši se normalizacija matrice:

$$G_T = (\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i) \quad (11)$$

Da bi se dobili težinski koeficijenti svakog od kriterijuma (W_i) vrši se multiplikacija vrednosti pokazatelja G_i i G_T :

$$W_i = G_i \otimes G_T^{-1}$$

$$\text{односно } W_i = (l_i, m_i, u_i) \otimes (\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i)^{-1} \quad (12)$$

Nakon ovoga potrebno je izvršiti postupak defazifikacije primenom metode *Center of Area* (COA). Primenom COA metode, suma vrednosti l_{W_i}, m_{W_i} i u_{W_i} se dovodi u odnos sa brojem članova fazi broja (Ayhan, 2013; Onay et al., 2016):

$$W_{id} = \left(\frac{l_{W_i} + m_{W_i} + u_{W_i}}{3} \right) \quad (13)$$

S obzirom na to da dobijena suma defazifikovanih koeficijenata nije jednaka jedinici neophodno je izvršiti normalizaciju W_{in} vrednosti na

osnovu zbira defazifikovanih vrednost koeficijenata (Rouyendegh, Erkan, 2012; Ayhan, 2013; Onay et al., 2016):

$$W_{in} = \frac{W_{id}}{\sum_{i=1}^n W_{id}} \quad (14)$$

Multimooora (Multi-objective optimization on the basis of ratio analysis)

Prvi korak u primeni MULTIMOORA metode jeste definisanje problema, odnosno alternativa, a zatim ocena kriterijuma prema zadatim alternativama. Drugi korak jeste normalizacija matrice za koju se koriste dobijeni težinski koeficijenti proračunati pomoću fazi AHP metode. Za potrebe normalizacije matrica je prvo kvadrirana, a zatim je primenjena formula (Stankevičienė et al., 2019; Irvanizam et al., 2022; Rahimi et al 2020):

$$x_{ij}^* = x_{ij} / [\sum_{i=1}^m x_{ij}^2]^{1/2} \quad (j = 1, 2, \dots, n), \quad (15)$$

gde x_{ij}^* označava normalizovanu vrednost kriterijuma i za datu alternativu j , x_{ij} ocenu kriterijuma i prema datoj alternativu j , a $\sum_{i=1}^m x_{ij}^2$ ($j = 1, 2, \dots, n$) označava sumu kvadriranih vrednosti datog kriterijuma gde m označava broj alternativa, a n broj kriterijuma.

Zatim se dobijeni rezultati pomnože sa težinskim koeficijentom i primenjuje se naredna formula u odnosu na definisane kriterijume. Kriterijumi se na početku rada označavaju kao pozitivni ili negativni, u smislu razvoja datih alternativa. Ukoliko je kriterijum označen kao pozitivan, to znači da značajno doprinosi razvoju alternative, a ukoliko je označen kao negativan, to znači da ne doprinosi razvoju date alternative ili nema značajnog uticaja. Pri oceni alternativa koristi se sledeća formula (Stankevičienė et al., 2019; Irvanizam et al., 2022; Rahimi et al., 2020):

$$y_i = \sum_{i=1}^g w_j x_{ij}^* - \sum_{i=g+1}^n w_j x_{ij}^* \quad (j = 1, 2, \dots, n), \quad (16)$$

gde y_i označava normalizovanu procenu alternative j u odnosu na sve kriterijume, $i = 1, 2, \dots, g$, za kriterijume koji imaju pozitivan uticaj, $i = g+1, g+2, \dots, n$ za kriterijume koji imaju negativan uticaj na razvoj alternativa.

Reultati i diskusija

Kriterijumi

Nadmorska visina

Za potrebe istraživanja kvantitativnih odlika reljefa opštine Boljevac korišćen je Digital Elevation Model (DEM) – digitalni model visina rezolucije 25 metara (European Environment Agency, 2022). Srednja nadmorska visina iznosi 538,56 m. U tabeli 2 dat je prikaz vrednosti hipsometrijskih pojaseva.

Tabela 2. Prikaz vrednosti hipsometrijskih pojaseva

Nadmorska visina [m]	Površina [km ²]	Udeo u ukupnoj površini [%]
<600	511,70	61,82
600 – 800	195,92	23,67
800 – 1000	110,06	13,30
1000 – 1200	8,34	1,01
>1200	1,65	0,20
Ukupno	827,66	100,00

Izvor: autori

Najveći procenat opštine nalazi se u okviru visinskog pojasa ispod 600 m nadmorske visine, a najmanji procenat teritorije u visinskom pojasu preko 1200 m nadmorske visine. Ostali visinski pojasevi zauzimaju ukupno 37,98% teritorije. Na slici 3 prikazana je hipsometrijska karta opštine.



Slika 3. Karta hipsometrijskih pojaseva, izvor: autori

Nagib terena

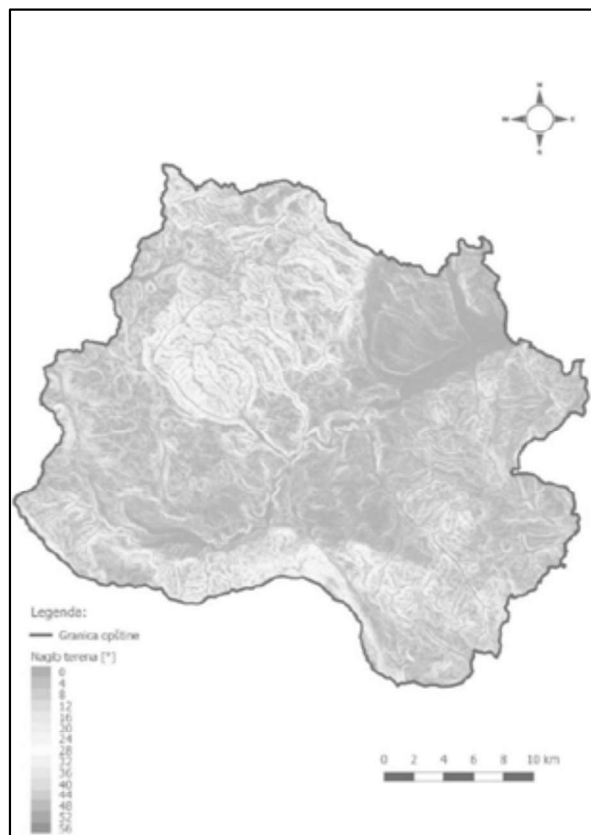
Nagib terena izražava se veličinom ugla nagiba, koji predstavlja vertikalni ugao koji zaklapa površina terena sa horizontalnom ravni i izražava se u stepenima. Prema geomorfološkoj klasifikaciji nagiba terena, nagibi do 5° smatraju se blago nagnutim terenima, nagibi od 5° do 12° su nagnuti tereni, dok su nagibi od 12° do 32° jako nagnuti tereni (Jovanović, 2017). U tabeli 3 dat je prikaz vrednosti nagiba terena. Za potrebe izrade karte nagiba terena korišćen je digitalni model visina rezolucije 25 metara (European Environment Agency, 2022).

Tabela 3. Prikaz vrednosti nagiba terena

Nagib terena [°]	Površina [km ²]	Udeo u ukupnoj površini [%]
>20	75,33	9,10
15-20	86,00	10,39
10-15	164,68	19,90
5-10	276,40	33,40
0-5	225,26	27,22
Ukupno	827,66	100,00

Izvor: autori

Na slici 4 prikazana je karta nagiba terena opštine Boljevac. Prema tabeli, najveći deo opštine (33,40%) ima nagib između 5 i 10°. Druga najzastupljenija klasa jesu nagibi između 0 i 5° (27,22%), zatim slede nagibi između 10 i 15° (19,90%), zatim nagibi između 15 i 20° (10,39%), a najmanje su zastupljeni nagibi veći od 20°.



Slika 4. Karta nagiba terena, izvor: autori

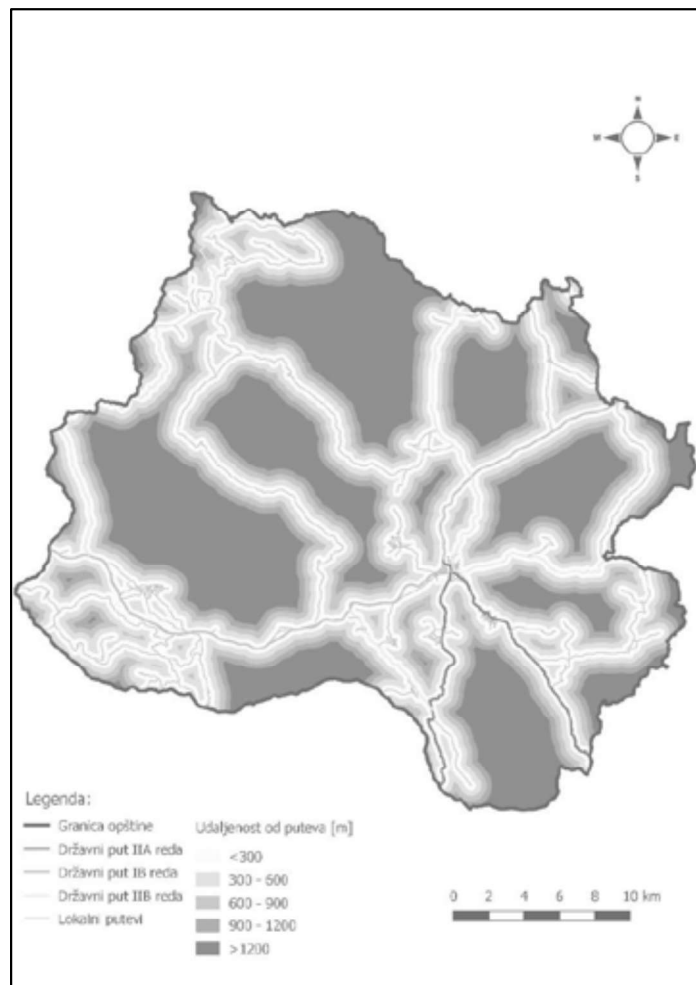
Udaljenost od puteva

Udaljenost od puteva je od suštinskog značaja u planiranju i izgradnji infrastrukture, kako bi se osigurala sigurnost i očuvanje okoline. Ovaj kriterijum se primenjuje u različitim kontekstima, kao što su urbanističko planiranje, građevinski projekti, zaštita životne sredine i mnogi drugi. Udaljenost od puteva je važna za određivanje lokacije novih objekata ili za određivanje lokacija pogodnih za delatnost od interesa i dr. U tabeli 4 dat je prikaz vrednosti udaljenosti od puteva na slici 5 prikazana je karta udaljenosti od puteva.

Tabela 4. Prikaz vrednosti udaljenosti od puteva

Udaljenost od puteva [m]	Površina [km ²]	Udeo u ukupnoj površini [%]
>1200	290,17	35,06
900-1200	86,08	10,40
600-900	111,32	13,45
300-600	145,04	17,52
<300	195,04	23,57
Ukupno	827,66	100,00

Izvor: autori



Slika 5. Karta zona udaljenosti od puteva, izvor: autori

Udaljenost od vodenih površina

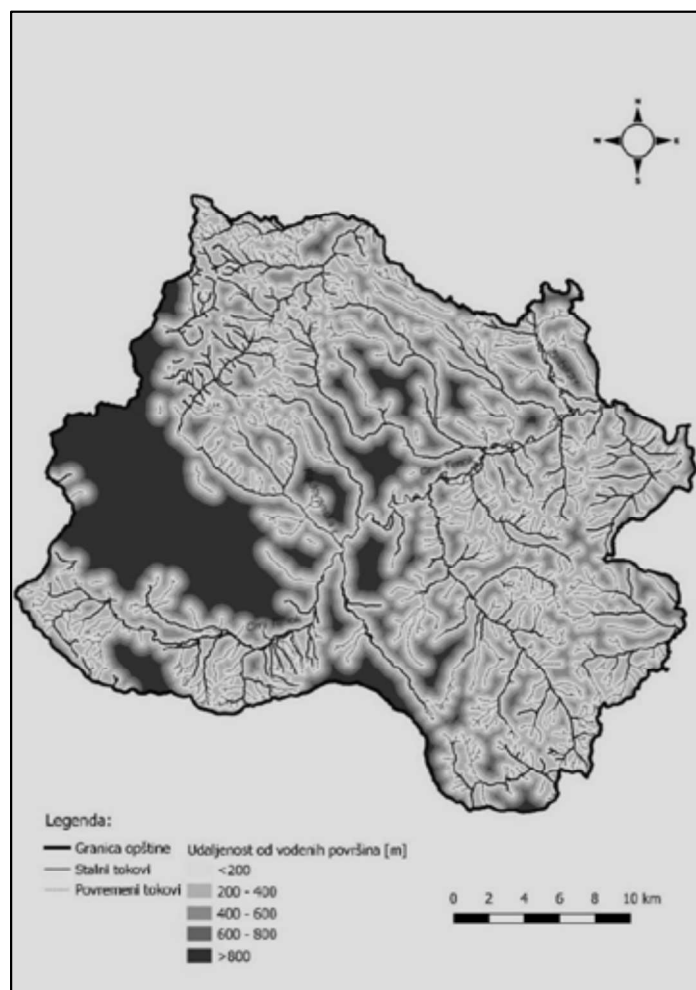
Na teritoriji opštine Boljevac bogatstvo rečnim tokovima i izvorima je jedna od glavnih karakteristika. Ukupna dužina rečne mreže iznosi 1181,4 km, a gustina rečne mreže iznosi 1,43 km/km². Za potrebe digitalizacije vodenih tokova korišćene su pregledne topografske karte 1:25 000 (Vojnogeografski institut „General Stevan Bošković“, 1968-1970).

U tabeli 5 dat je prikaz klasa udaljenosti od reka, a na slici 6 dat je prostorni prikaz udaljenosti od reka.

Tabela 5. Prikaz vrednosti udaljenosti od vodenih površina

Udaljenost od vodenih površina [m]	Površina [km ²]	Udeo u ukupnoj površini [%]
>800	109,92	13,28
600-800	41,45	5,01
400-600	88,98	10,75
200-400	208,77	25,22
<200	378,55	45,74
Ukupno	827,66	100,00

Izvor: autori



Slika 6. Karta zona udaljenosti od vodenih površina, izvor: autori

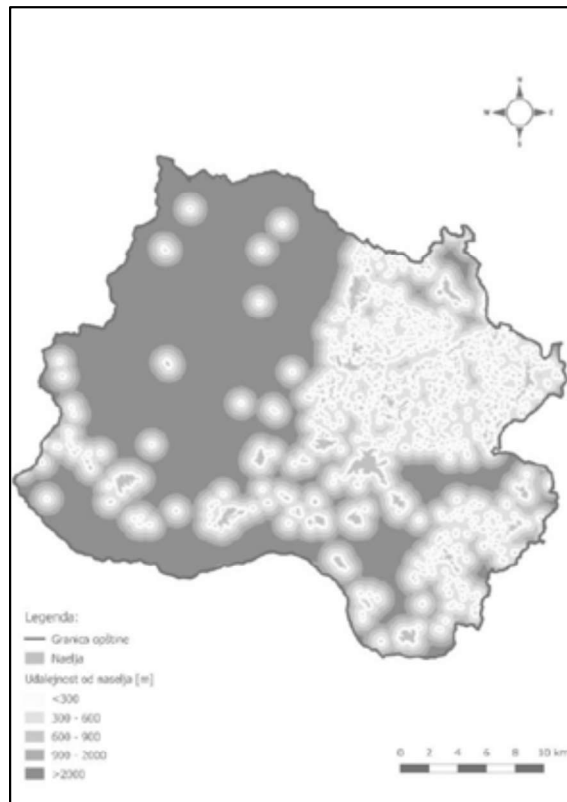
Udaljenost od naselja

Kriterijum udaljenosti od naselja igra značajnu ulogu u planiranju turizma. Definisanje pravilne udaljenosti pomaže u očuvanju mira i bezbednosti turističkih destinacija, sprečavajući prekomernu izgradnju i komercijalizaciju u neposrednoj blizini naselja. Ovakvi kriterijumi takođe doprinose očuvanju prirodnog okruženja, sprečavajući degradaciju ekosistema i podržavajući održivi razvoj turističkih regija. Udaljenost od naselja u turističkom planiranju takođe pomaže u očuvanju kulturne baštine i lokalne autentičnosti, stvarajući uslove za kvalitetno iskustvo posetilaca. Održavanje ovih kriterijuma značajno doprinosi održivom i odgovornom turizmu. U tabeli 6 dat je prikaz vrednosti udaljenosti od naselja, a na slici 7 prikazane su zone udaljenosti od naselja.

Tabela 6. Prikaz vrednosti udaljenosti od naselja

Udaljenost od naselja [m]	Površina [km²]	Udeo u ukupnoj površini [%]
>1200	317,72	38,39
900-1200	79,22	9,57
600-900	95,96	11,59
300-600	127,31	15,38
<300	207,45	25,06
Ukupno	827,66	100,00

Izvor: autori



Slika 7. Karta zona udaljenosti od naselja. Izvor: autori

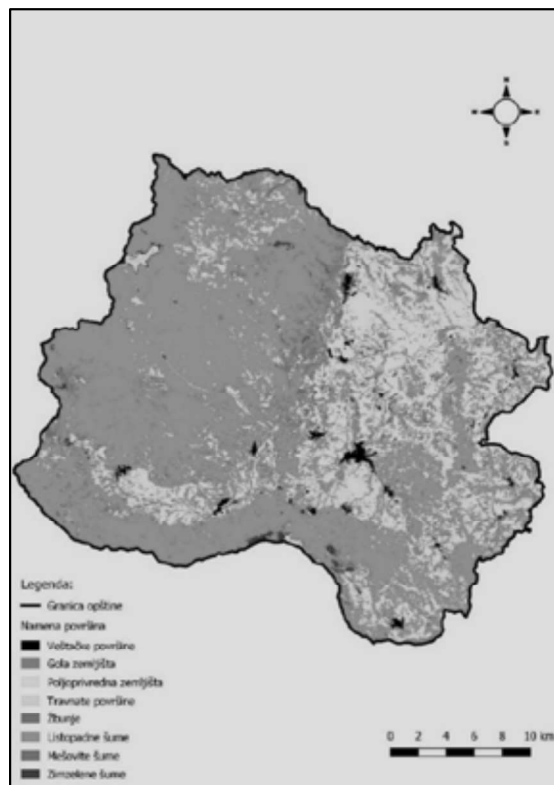
Namena površina

Namena zemljišta dobijena je na osnovu karte osnovnog zemljišnog pokrivača (Republički geodetski zavod, 2023). Na slici 8 dat je prikaz namene površina u okviru analizirane teritorije. U tabeli 7 dat je prikaz površina po klasama.

Tabela 7. Prikaz vrednosti namene površina

Namena površina	Površina [km ²]	Udeo u ukupnoj površini [%]
10,20,	14,35	1,73
30,60,90	226,06	27,31
50	75,37	9,11
100	0,02	0,002
70,75,80	511,87	61,85
Ukupno	827,66	100,00

Izvor: autori



Slika 8. Karta namene površina, izvor: autori

Udaljenost od zaštićenih prirodnih dobara

Prirodna dobra imaju veliki značaj u turizmu zbog svoje specifične lepote i edukativne vrednosti. U tabeli 8 dat je prikaz površina po klasama udaljenosti, a na slici 9 dat je prikaz udaljenosti od zaštićenih prirodnih dobara.

Tabela 8. Prikaz vrednosti udaljenosti od prirodnih dobara

Udaljenost od zaštićenih prirodnih dobara [m]	Površina [km ²]	Udeo u ukupnoj površini [%]
>2000	711,01	85,91
1500-2000	27,26	3,29
1000-1500	23,85	2,88
500-1000	20,53	2,48
<500	45,02	5,44
Ukupno	827,66	100,00

Izvor: autori



Slika 9. Karta zona udaljenosti od zaštićenih prirodnih dobara, izvor: autori

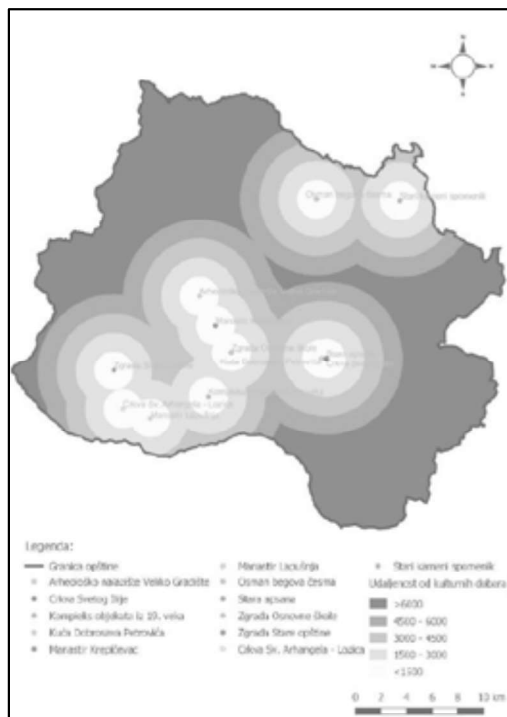
Udaljenost od kulturnih dobara

Kulturna dobra utiču pozitivno na aspekt turizma s obzirom na to da su neizostavni deo istorije i predstavljaju interesantan prikaz prošlosti. Na teritoriji opštine nalazi se 12 kulturnih dobara (Republički zavod za zaštitu spomenika kulture, 2023). U tabeli 9 date su klase udaljenosti od kulturnih dobara, a na slici 10 data je karta kulturnih dobara.

Tabela 9. Prikaz vrednosti udaljenosti od kulturnih dobara

Udaljenost od kulturnih dobara [m]	Površina [km ²]	Udeo u ukupnoj površini [%]
>6000	329,73	39,84
4500-6000	130,54	15,77
3000-4500	147,88	17,87
1500-3000	149,67	18,08
<1500	69,85	8,44
Ukupno	827,66	100,00

Izvor: autori



Slika 10. Karta zona udaljenosti od zaštićenih kulturnih dobara, izvor: autori

Rezultati istraživanja

Primenom fazi AHP-a u odnosu na vrednovanje kriterijuma iz tabele 10 dobijaju se težinski koeficijenti prikazani u tabeli 11.

Tabela 10. Korišćeni kriterijumi za potrebe istraživanja

Kriterijumi	Nadmorska visina	Nagib terena	Udaljenost od kulturnih dobara	Udaljenost od zaštićenih prirodnih dobara	Namena površina	Udaljenost od puteva	Udaljenost od naselja
Nadmorska visina	1	1	5	0,14	0,33	0,2	5
Nagib terena	1	1	5	0,14	0,33	0,20	5
Udaljenost od kulturnih dobara	0,2	0,2	1	0,11	0,2	0,11	1

Udaljenost od zaštićenih prirodnih dobara	7	7	9	1	5	3	9
Namena površina	3	3	5	0,2	1	0,33	5
Udaljenost od puteva	5	5	9	0,33	3	1	9
Udaljenost od naselja	0,2	0,2	1	0,11	0,14	0,11	1

Izvor: autori

Tabela 11. Težinski koeficijenti za postavljene kriterijume

Kriterijumi	Težinski koeficijenti
Nadmorska visina	0,13
Nagib terena	0,13
Udaljenost od kulturnih dobara	0,05
Udaljenost od zaštićenih prirodnih dobara	0,2
Namena površina	0,13
Udaljenost od puteva	0,19
Udaljenost od naselja	0,05

Izvor: autori

Takođe je izračunata i konzistentnost matrice koja iznosi 0,093. Dobijene vrednosti su:

- $L_{max} = 8,93$;
- $RI = 1,41$;
- $CI = 0,13$;
- $CR = 0,094$.

Na osnovu analiziranih kriterijuma dobija se tabela 12 u okviru koje su prikazane klase pogodnosti terena za delatnost turizma. U okviru vrlo niske klase nalazi se 0,1 % teritorije, dalje u niskoj klasi 2,87 %, u srednjoj klasi 51,14 % teritorije, visokoj 13,9 %, a vrlo visokoj klasi pogodnosti pripada 32,07%.

Tabela 12. Površine u klasama pogodnosti

Klase pogodnosti	Površina [km ²]	Udeo u ukupnoj površini [%]
Vrlo niska	0,09	0,01
Niska	23,8	2,87

Srednja	423,3	51,14
Visoka	115,09	13,9
Vrlo visoka	265,41	32,07
Ukupno	827,66	100

Izvor: autori

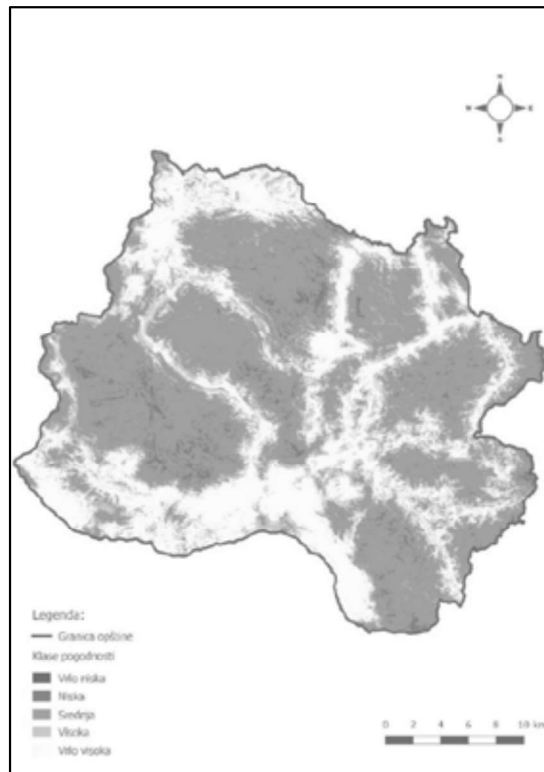
U tabeli 13 data je ocena alternativa od 1 do 4, gde 1 predstavlja najpovoljniju alternativu dok 4 predstavlja najnepovoljniju alternativu za razvoj na analiziranoj teritoriji.

Tabela 13. Rangiranje alternativa

Alternativa	Yi	Rangiranje
A1 – Planinarski turizam	0,48	1
A2 – Sportsko rekreativni turizam	0,39	2
A3 – Zdravstveni turizam	0,38	3
A4 – Edukativni kamp	0,33	4

Izvor: autori

Na osnovu dobijenih vrednosti iz tabele 13 može se zaključiti da najveći deo teritorije, 51,4%, spada u srednju klasu pogodnosti što predstavlja značajan potencijal opštine za razvoj rekreativnog turizma. Vrlo niska i niska kategorija zauzimaju površine uz naselja, dok visoka i vrlo visoka zauzimaju one delove teritorije koji su manje pristupačni ili se nalaze na većoj nadmorskoj visini. U tabeli se takođe primećuje da su vrednosti pojedinih alternativa vrlo bliske, što ukazuje na značajan potencijal za razvoj svakog od navedenih vidova turizma – planinarskog, sportsko rekreativnog, zdravstvenog i edukativnog. Iako planinarski turizam zauzima prvo mesto, to ne umanjuje važnost razvoja i ostalih vidova turizma. Uz odgovarajuće dodatne analize prostora ovo ne mora da ostane samo potencijal već i prednost za dalji razvoj na teritoriji opštine u skladu sa životnom sredinom. Na slici 11 prikazana je karta pogodnosti za razvoj rekreativnog turizma.



Slika 11. Klase pogodnosti za razvoj alternativa, izvor: autori

Zaključak

Kartiranje pogodnosti za razvoj rekreativnog turizma predstavlja osnovu za donošenje odluka o korišćenju prostora u turističke svrhe. Od velikog je značaja sa aspekta zaštite životne sredine zbog izuzetnih prirodnih celina koje ova opština poseduje. Kartiranje najpovoljnijih lokacija omogućava uvid u potencijal područja za dalji razvoj u odnosu na korišćene kriterijume. U okviru rada u GIS okruženju analizirano je osam kriterijuma (nadmorska visina, nagib terena, udaljenost od puteva, udaljenost od vodenih površina, udaljenost od naselja, namena površina, udaljenost od zaštićenih prirodnih dobara i udaljenost od kulturnih dobara) koji kao rezultat daju jedinstvenu kartu pogodnosti za razvoj rekreativnog turizma.

Na osnovu dobijenih rezultata najveći procenat teritorije opštine nalazi se u okviru srednje klase pogodnosti – 51,4%, a najmanji procena teritorije zauzima vrlo niska klasa pogodnosti – 0,01%. U skladu sa dobijenim rezultatima potrebno je uskladiti planiranje prostora sa razvojem turizma i zaštitom predeonih celina, prirodnih i kulturnih dobara.

Najveći razvojni potencijal prema dobijenim rezultatima ima planinarski turizam, zatim sportsko rekreativni, zatim zdravstveni turizam i na kraju edukativni kamp. Svaka od alternativa, bez obzira na dobijeni rezultat, je deo potencijala za razvoj rekreativnog turizma analizirane teritorije.

Takođe, važnu stavku u analizi predstavlja kvalitet ulaznih podataka. Da bi analiza bila što preciznija potrebno je koristiti podatke preuzete iz adekvatnih izvora, a zatim izvršiti obradu u GIS okruženju. GIS pruža alate za prikupljanje i analizu podataka pri čemu se kao finalni produkt dobija karta koja predstavlja prostorni raspored pogodnih lokacija za razvoj rekreativnog turizma.

Zahvalnica

Istraživanje je podržano od strane Ministarstva nauke i tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije (451-03-68/2022-14/200091).

LITERATURA

- Avramović D. (2003): *Zaštićena prirodna dobra na području Istočne Srbije*. Ekolist
- Ayhan M.B. (2013): A Fuzzy AHP Approach for Supplier Selection Problem: A Case Study In A Gearmotor Company. *International Journal of Managing Value and Supply Chains (IJMVSC)*, 4(3), 11-23
- Baykal N., Beyan T. (2004): *Bulanık Mantık İlke ve Temelleri*. Ankara, Bıçaklar Kitabevi

- Bojadziew G., Bojadziew M. (1998): *Fuzzy sets fuzzy logic applications*. Singapore: World Scientific Publishing
- Bujagić M., Miljković Lj. (2004): Dubašnica na Kučaju – neafirmisani turistički potencijal. *Savremene tendencije u turizmu, hotelijerstvu i gastronomiji 8/2004*. Časopis departmana za geografiju, turizam i hotelijerstvo
- Vojnogeografski institut "General Stevan Bošković" (1968-1970). Topografske karte 1:25000, listovi Žagubica: 482-4-3 i 482-4-4; Aleksinac: 532-1-2, 532-1-4, 532-2-1, 532-2-2, 532-2-3, 532-2-4 i 532-4-2; Zaječar: 533-1-1, 533-1-2, 533-1-3, 533-1-4 i 533-3-1
- Deng H. (1999): Multicriteria analysis with fuzzy pair-wise comparison. *International Journal of Approximate Reasoning*, 21, 215-231.
- Dubois D., Prade H. (1978): Operations on Fuzzy Number. *International Journal of Systems Science*, 9, 613-626
- Đurović P. (1998): *Speleološk atlas Srbije*. Srpska akademija nauka i umetnosti, Beograd
- Ertuğrul İ., Karakaşoğlu N. (2009): Performance evaluation of Turkish cement firms with fuzzy analytic hierarchy process and TOPSIS methods, *Expert Systems with Applications*, 36, 702-715
- Ertuğrul İ., Tuş A. (2007): Interactive fuzzy linear programming and an application sample at a textile firm. *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 6, 29-49
- European Environment Agency (2022): European Digital Elevation Model (EU-DEM), version 1.1, Preuzeto: 27.08.2023, sa: <https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem/eu-demv1.1?tab=download>
- Irvanizam I., Zulfan Z., Nasir P., Marzuki M., Rusdiana S., Salwa N. (2022): An Extended MULTIMOORA Based on Trapezoidal Fuzzy Neutrosophic Sets and Objective Weighting Method in Group Decision-Making. *IEEE Access*, PP, 1-1
- Jie L. H., Meng M.C., Cheong C.W. (2006): Web Based Fuzzy Multicriteria Decision Making Tool, *International Journal of the Computer, the Internet and Management*, 14(2), 1-14
- Jovanović J. (2017): *Tematska kartografija – praktikum*. Beograd: Univerzitet u Beogradu - Geografski fakultet

- JP „Putevi Srbije“ (2023a). Državni putevi IIA reda. Preuzeto: 27.08.2023.
sa: https://www.putevi-srbije.rs/images/pdf/referentni-sistem/2.2.3_spisak_drzavnih_puteva_IIAreda.pdf
- JP „Putevi Srbije“ (2023b). Državni putevi IB reda. Preuzeto: 27.08.2023.
sa: https://www.putevi-srbije.rs/images/pdf/referentni-sistem/2.2.2_spisak_drzavnih_puteva_IBreda.pdf
- JP „Putevi Srbije“ (2023c). Državni putevi IIB reda. Preuzeto: 27.08.2023.
sa: https://www.putevi-srbije.rs/images/pdf/referentni-sistem/2.2.4_spisak_drzavnih_puteva_IIBreda.pdf
- Kahraman C., Cebeci U., Ulukan Z. (2003): Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP. *Logistics Information Management*, 16(6), 382-394
- Milanović S. (2012): *Speleologija i speleoronjenje u hidrogeologiji karsta*. Rudarskogeološki fakultet, Beograd.
- Momirović D. (2008): *Vodosnabdevanje naselja i turističkih mesta Timočkog regiona*. Vodoprivreda. Srpsko društvo za odvodnjavanje i navodnjavanje. 0350-0519, 40. 231-233 p. 139-142. Beograd
- Onay A., Karamasa C., Sarac B. (2016): Application of Fuzzy AHP in Selection of Accounting Elective Courses in Undergraduate and Graduate Level. *Journal of Accounting, Finance and Auditing Studies* 2(4), 20-42
- Rahimi S., Hafezalkotob A., Monavari S., Hafezalkotob A., Rahimi R. (2020): Sustainable landfill site selection for municipal solid waste based on a hybrid decision-making approach: Fuzzy group BWM-MULTIMOORA-GIS. *Journal of Cleaner Production*, 248, 119186
- Regionalni plan upravljanja otpadom za gradove Zaječar i Bor i opštine Boljevac, Kladovo, Majdanpek, Negotin i Knjaževac (2022). Univerzitet u Novom Sadu – Fakultet tehničkih nauka, Departman za inženjerstvo zaštite životne sredine. Novi Sad
- Republički geodetski zavod (2023): *Karta osnovnog zemljišnog pokrivača*. Preuzeto 27.08.2023. sa <http://ogc4u.geosrbija.rs/ozp/wms>

- Republički zavod za zaštitu spomenika kulture (2023): *Informacioni sistem nepokternih kulturnih dobara*. Preuzeto 27.08.2023. sa: https://nasledje.gov.rs/index.cfm?jezik=Serbian_CIR
- Републички завод за статистику (2023): Попис становништва, домаћинства и станова 2022. године. Старост и пол, подаци по насељима. Београд
- Rouyendegh B.D., Erkan T.E. (2012): Selection of Academic Staff Using The Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP): A Pilot Study. *Tehnički vjesnik* 19(4), 923-929
- Saaty T.L. (1988): *Multi-criteria decision-making: the analytic hierarchy process*. Pittsburgh, PA: University of Pittsburgh Press
- Скупштина општине Бољевац (2011): План генералне регулације за насељено место Бољевац. Службени лист општине Бољевац, година IV, број 15/2.
- Stankevičienė J., Maditinos D., Kraujalienė L. (2019): MULTIMOORA as the instrument to evaluate the technology transfer process in higher education institutions. *Economics & Sociology*
- Huang H.C., Ho C.C. (2013): Applying the fuzzy analytic hierarchy process to consumer decision-making regarding home stays, *International Journal of Advancements in Computing Technology*, 5(4), 981-990
- Chen S.C., Hwang C., Hwang F. (1992): *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, Springer-Verlag: New York
- Wang Y.M., Luo Y., Hua Z. (2008): On the extend analysis method for fuzzy AHP and it's applications. *European Journal of Operational Research*, 186(2), 735-747

Dusica Jovanovic
Irena Blagajac
University of Belgrade
Faculty of Geography

**MULTI-CRITERIA GIS ANALYSIS IN FUNCTION OF
RECREATIONAL TOURISM DEVELOPMENT: A CASE STUDY
OF BOLJEVAC MUNICIPALITY**

Abstract: This paper examines the application of geographic information systems (GIS) for the analysis of the development of recreational tourism using the example of the municipality of Boljevac. Recreational tourism is a branch of tourism that involves spending time in the great outdoors (walking, hiking, cycling, etc.). The municipality of Boljevac has a high potential for the development of recreational tourism, which is reflected in the existence of Bogovinska Cave, the Rtanj Mountain, the surroundings of the Lazar's Canyon, etc. The aim of the study is to identify the most suitable locations in the municipality of Boljevac for the development of recreational tourism, taking into account various criteria such as altitude, slope of the terrain, distance from roads, distance from water bodies, distance from settlements, land purpose, distance from protected natural resources and distance from cultural assets. The applied methodology is based on the Multi-objective optimization on the basis of ratio analysis (MULTIMOORA) method, which involves the collection, processing and interpretation of geospatial data in a GIS environment. Based on the research, the conclusion provides guidelines for decision making in the development of recreational tourism, allowing a more efficient use of space and adequate protection of the environment.

Key words: Geographic information systems (GIS), recreational tourism, multi-criteria analysis