

UDK: 630*1

Izvorni naučni rad *Original scientific paper*

VISUAL PROMETHEE U VREDNOVANJU PLANOVA UPRAVLJANJA ŠUMAMA

Milena Lakićević¹, Bojan Srđević¹, Keith Reynolds²

Izvod: Metodi višekriterijumske analize i sistemi za podršku odlučivanju se intenzivno koriste u šumarstvu i upravljanju prirodnim resursima. Najčešće korišćeni su metodi: Analitički hijerarhijski proces (AHP), PROMETHEE, SMART, ELECTRE i VIKOR. Za neke od navedenih metoda postoje softveri koji u potpunosti podržavaju njihovu metodologiju. U ovom radu je prikazano kako se planovi upravljanja šumama mogu vrednovati metodom PROMETHEE softverski realizovanog kao Visual PROMETHEE. Za studiju slučaja odabran je primer vrednovanja četiri plana upravljanja Nacionalnim parkom „Fruška gora“ u Srbiji. Dobijeno je rangiranje planova, a određena je i ukupna uspešnost svakog plana u odnosu na definisani skup kriterijuma. Rad opisuje postupak obrade jedne realne studije slučaja i daje smernice za korišćenje metoda PROMETHEE i njegove softverske realizacije Visual PROMETHEE u drugim sličnim situacijama kada višekriterijumska optimizacija predstavlja jedini opravdani pristup.

Ključne reči: plan upravljanja šumama, višekriterijumska analiza, PROMETHEE, Visual PROMETHEE.

VISUAL PROMETHEE IN ASSESSING FOREST MANAGEMENT PLANS

Abstract: *Multi-criteria methods and decision support systems are widely used in forestry and natural resources management. Most commonly applied multi-criteria methods are Analytic Hierarchy Process (AHP), PROMETHEE, SMART, ELECTRE and VIKOR. Some of them have software that fully implements their methodologies. This paper presents how forest management plans can be efficiently assessed with PROMETHEE method and its software support – Visual PROMETHEE. As a case study example we have analyzed four forest management plans for the National park Fruška gora in Serbia. Forest plans have been evaluated with respect to given criteria set and the final result provided the final ranking of management plans and the overall performance of each plan (with respect to criteria set). Paper describes the procedure of processing real case study examples with help of Visual*

¹ Dr Milena Lakićević, docent, E-mail: milenal@polj.uns.ac.rs; prof. dr Bojan Srđević, profesor emeritus; Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Trg Dositeja Obradovića 8, 21000 Novi Sad, Srbija; 2 dr Keith Reynolds, US Department of Agriculture, Forest Service, Corvallis, Oregon, USA

¹ Dr Milena Lakićević, assistant professor, E-mail: milenal@polj.uns.ac.rs; prof. dr Bojan Srđević, professor emeritus; University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Dositeja Obradovića Sq. 8, 21000 Novi Sad, Serbia; 2 dr Keith Reynolds, US Department of Agriculture, Forest Service, Corvallis, Oregon, USA

PROMETHEE and suggests guidelines for future applications of this software in similar cases when multi-criteria analysis represents the only acceptable approach.

Keywords: forest management plan, multi-criteria analysis, PROMETHEE, Visual PROMETHEE.

UVOD

Višekriterijumska analiza (VA) se bavi vrednovanjem skupa mogućih alternativa ili planova u odnosu na skup kriterijuma i može se primeniti za različite zadatke kao što su: izbor najbolje alternative, rangiranje alternativa, svrstavanje alternativa u odgovarajuće klase, itd. (Lakićević, 2013). VA se primenjuje u različitim naučnim oblastima, posebno u onim vezanim za upravljanje i menadžment. U oblasti šumarstva, ova vrsta analize se primenjuje približno 40 godina, posebno u oblasti ekonomike i organizacije (Behzadian et al., 2010). Metodi VA koji se najčešće koriste su: Analitički hijerarhijski proces (AHP), PROMETHEE, SMART, VIKOR, ELECTRE i dr. (Srđević et al., 2002; Lakicevic et al., 2018).

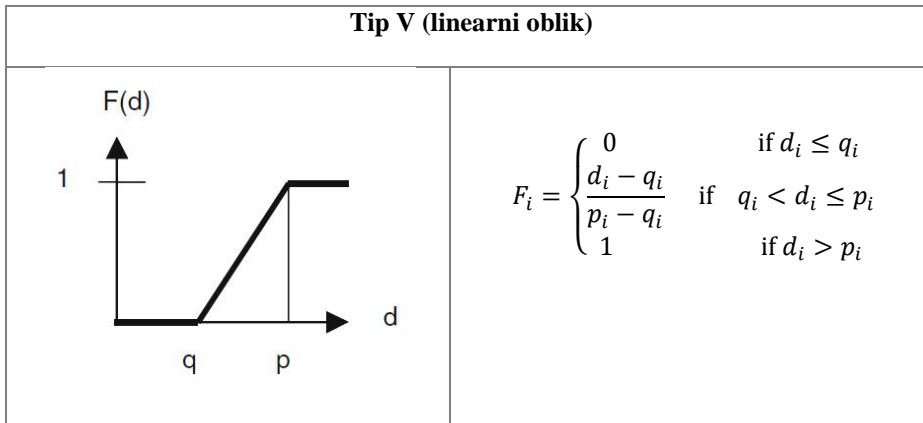
Rešenja koja se traže primenom metoda VA nisu najbolja u odnosu na sve kriterijume istovremeno; u tom slučaju analiza ne bi bila potrebna, a narušen bi bio i Pareto princip optimalnosti. Zadatak svakog višekriterijumskog metoda je da pronađe rešenje koje je najbolje u višekriterijumskom smislu. Drugim rečima, VA poštuje princip Pareto optimalnosti koji podrazumeva da se u skupu mogućih rešenja (tzv. Pareto skup) traži dominantno, najčešće kompromisno rešenje. Koncept višekriterijumske analize detaljno opisuje Srđević et al., (2006), a pregled primene metoda VA u predmetnoj oblasti se može pronaći u radu Diaz-Balteiro i Romero, (2008).

U ovom radu je opisano kako se jedan od metoda VA – PROMETHEE primenjuje u postupku vrednovanja šumskih planova. Kao studija slučaja prikazano je vrednovanje četiri plana upravljanja Nacionalnim parkom „Fruška gora“ u odnosu na skup od pet kriterijuma. Kao softverska podrška poslužio je Visual PROMETHEE. Vrednovanje planova vršio je jedan od autora rada, a rezultat vrednovanja su rangovi razmatranih planova upravljanja.

METOD RADA

Primena metoda PROMETHEE počinje prethodnim definisanjem problema odlučivanja, odnosno definisanjem skupova kriterijuma i alternativa. PROMETHEE, kao i drugi višekriterijumski metodi, vrednuje alternative u odnosu na sve kriterijume pod uslovom da su težinske vrednosti pojedinačnih kriterijuma u odnosu na cilj već poznati (Lakićević i Srđević, 2017). Proces vrednovanja počinje izborom funkcije preferenci za svaki kriterijum imajući u vidu vrstu alternativa koje se porede i vrednuju, metriku u kojoj se alternative iskazuju i referentne i granične vrednosti koje se mogu zadati a da se alternative mogu ravnopravno tretirati u postupku vrednovanja. Preferenca alternative a u odnosu na alternativu b za

određeni kriterijum i označava se kao $F_i(a, b)$ i može imati vrednosti $[0, 1]$. Ukoliko je $F_i(a, b) = 0$ to znači da ne postoje razlike među alternativama, dok vrednost $F_i(a, b) = 1$ znači da alternativa a potpuno dominira nad alternativom b . U cilju određivanja tačne vrednosti $F_i(a, b)$ potrebno je odabrati jednu od šest standardnih funkcija preferenci, koje su detaljno opisali autori metoda, Brans et al., (1986). U ovom radu korišćena je funkcija preferenci tip V (Slika 1).



Slika 1. Funkcija preferencija, tip V
Figure 1. Preference function, type V

U cilju određivanja stepena u kome jedna alternativa nadmašuje drugu (eng. *outranking degree*) primenjuje se sledeća formula:

$$\Pi(a, b) = \sum_{j=1}^n w_j F_j(a, b) \tag{1}$$

pri čemu je $F_j(a, b)$ vrednost funkcije preference, a w_j je težina kriterijuma j , pri čemu je uslov da je zbir težina svih kriterijuma jednak 1.

Dobijena vrednost $\Pi(a, b)$ se koristi za proračun tzv. pozitivnog (ϕ^+), negativnog (ϕ^-) i ukupnog toka (ϕ); odgovarajuće formule za proračun tokova mogu se pronaći u literaturi (Kangas et al., 2015). U ovom radu je za proračun korišćen besplatan softver Visual PROMETHEE koji se na Internetu može preuzeti sa linka: <http://www.promethee-gaia.net/software.html>.

OPIS STUDIJE SLUČAJA

U radu je primena metoda PROMETHEE demonstrirana na studiji slučaja NP "Fruška gora". Cilj istraživanja bio je izbor najboljeg plana upravljanja šumskim resursima i u tu svrhu primenjeni su sledeći kriterijumi: (1) ekosistemske usluge, (2) biodiverzitet, (3) turizam i edukacija, (4) zaštita specifičnih kulturnih i prirodnih karakteristika i (5) održivo korišćenje prirodnih resursa. Navedeni kriterijumi definisani su u skladu sa preporukama organizacije IUCN, (2008). U odnosu na

navedeni skup kriterijuma vrednovana su četiri plana upravljanja: (P₁) zadržavanje postojećeg stanja i plana upravljanja, bez značajnih izmena, (P₂) uređenje šumskih područja za razvoj eko-turizma, (P₃) melioracija šuma i protiveroziona zaštita i (P₄) održiva eksploatacija prirodnih resursa. Navedeni planovi su kratak prikaz planova prikazanih u disertaciji Lakićević, (2013) i imaju demonstrativni karakter.

REZULTATI I DISKUSIJA

Proces vrednovanja planova obavljen je u programu Visual PROMETHEE, tako što je za svaki kriterijum određen tip funkcije preferencije, granične vrednosti preferencije (q i p) i nakon toga je vrednovana svaka alternativa u odnosu na svaki kriterijum (Slika 2).

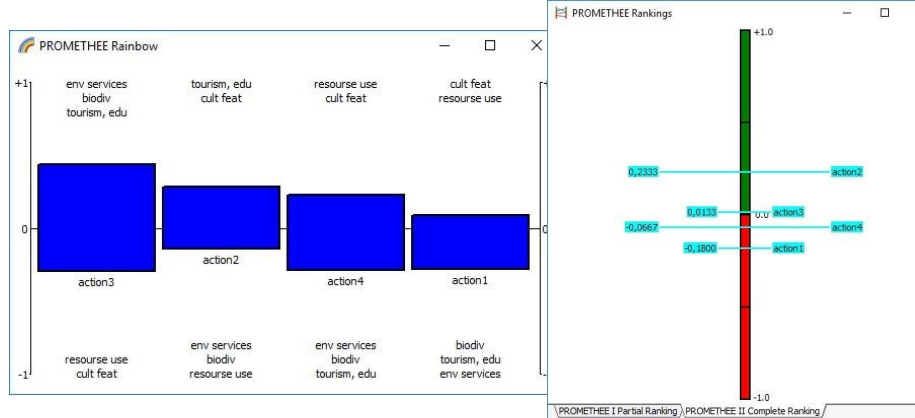
Visual PROMETHEE Academic - prome.vpg (saved)

Scenario1	env services	biodiv	tourism, edu	cult feat	resource use
Unit	unit	unit	unit	unit	unit
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆
Preferences					
Min/Max	max	max	max	max	max
Weight	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Preference Fn.	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	0,50	0,50	0,50	0,50	1,00
- P: Preference	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics					
Minimum	3,20	3,20	3,30	3,00	2,50
Maximum	5,00	5,00	5,00	4,20	5,00
Average	4,00	3,90	3,90	3,85	3,83
Standard Dev.	0,65	0,68	0,66	0,50	0,89
Evaluations					
<input checked="" type="checkbox"/> action1	3,20	3,50	3,50	4,20	3,80
<input checked="" type="checkbox"/> action2	4,00	3,90	5,00	4,20	4,00
<input checked="" type="checkbox"/> action3	5,00	5,00	3,80	3,00	2,50
<input checked="" type="checkbox"/> action4	3,80	3,20	3,30	4,00	5,00

Actions: 4 (4 active) Criteria: 5 (5 active) Scenarios: 1 (1 active) Locale: Belgium [€/.] Saved

Slika 2. Korisnički interfejs
Figure 2. User interface

Visual PROMETHEE nudi brojne mogućnosti za analizu i vizuelizaciju dobijenih rezultata (Slika 3).



Slika 3a. Performanse alternativa u odnosu kriterijume
Figure 3a. Performances of alternatives with respect to criteria

Slika 3b. Konačno rangiranje alterativa
Figure 3b. Final ranking of alternatives

Slika 3a prikazuje performanse svake od alternativa (planova upravljanja u odnosu na skup kriterijuma) i rezultati se tumače na sledeći način: ukoliko se razmatra plan upravljanja P₃ (action 3) uočava se da plan ispunjava kriterijume: *ekosistemske usluge, biodiverzitet i turizam i edukacija*, a ne zadovoljava kriterijume: *zaštita specifičnih kulturnih i prirodnih karakteristika i održivo korišćenje prirodnih resursa* (vrednosti su negativne). Slika 3b nudi prikaz konačnih rezultata i zaključuje se da je najbolje rangirani plan upravljanja P₂, a najlošije rangirani plan P₁.

Prilikom analize rezultata primene metoda PROMETHEE najznačajnije je razmatrati vrednost ukupnog toka (Phi), jer ova vrednost određuje konačno rangiranje alternativa (Slika 4). Osim toga, kao dopuna, mogu se analizirati vrednosti pozitivnog (Phi⁺) i negativnog toka (Phi⁻) za svaku alternativu.

Rank	action	Phi	Phi+	Phi-
1	action2	0,2333	0,3667	0,1333
2	action3	0,0133	0,4000	0,3867
3	action4	-0,0667	0,1600	0,2267
4	action1	-0,1800	0,0867	0,2667

Slika 4. Ukupni, pozitivni i negativni tok
Figure 4. Net, entering and leaving flow

Vrednosti ukupnog toka ukazuju koliko je određena alterativa bolja od prosečne vrednosti (Kangas, 2015), tako da se zaključuje da su, u konkretnom primeru, planovi upravljanja 2 i 3 bolji od zamišljenog proseka. Plan upravljanja P_2 ima najvišu vrednost pozitivnog i najmanju vrednost negativnog toka i zbog toga je u konačnom zbiru najbolje rangiran.

Kao što je opisano u prethodnom poglavlju, ovaj plan podrazumeva uređenje šumskih područja za razvoj eko-turizma. U ranije sprovedenom istraživanju (Lakićević, 2013), kada je za isti problem odlučivanja primenjen drugi metod – AHP i grupni kontekst donošenja odluka, najbolje rangirana alternativa bio je plan upravljanja P_3 . U literaturi je već opisano da različiti metodi VA mogu dati različite konačne rezultate i zbog toga izbor odgovarajućeg metoda ima presudan značaj.

U ovom istraživanju svim kriterijumima je dodeljena ista težina, odnosno značaj (20%), ali program nudi i mogućnost analize osetljivosti. U ovom primeru, analiza osetljivosti se odnosi na sagledavanje promena konačnih rezultata koje nastaju kao posledica promene ulaznih podataka tj. značaja koji je dodeljen svakom kriterijumu (Slika 5).



Slika 5. Analiza osetljivosti, težine kriterijuma
Figure 5. Sensitivity analysis, weights of criteria

Za analizu osetljivosti može se koristiti i deo Visual PROMETHEE softvera koji se naziva GAIA (Geometrical Analysis for Interactive Aid), koji omogućava grafički prikaz višekriterijumskog problema, bolje sagledavanje mogućih izbora i kompromisa u procesu odlučivanja, kao i testiranje promene težina (značaja) kriterijuma na konačno rangiranje alternativa.

Naredna istraživanja bi mogla da se bave pitanjem određivanja značaja kriterijuma i testiranja njihovog uticaja na konačne rezultate. Pored toga, može se razmatrati i kontekst grupnog donošenja odluka, odnosno u naredna istraživanja se može uključiti veći broj donosilaca odluka. Obimnije istraživanje bi se moglo usmeriti na poređenje rezultata dobijenih primenom različitih metoda VA i prikaz mogućih razloga koji uzrokuju razlike u konačnim rezultatima. Obrada rezultata primene PROMETHEE i ostalih metoda VA može se izvršiti u specijalizovanim softverima, ali je takođe moguće samostalno napisati kodove u nekom od programskih jezika (npr. R, FORTRAN i sl.).

ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazana je primena metoda PROMETHEE u oblasti šumarstva i kao studija slučaja prikazan je postupak vrednovanja planova upravljanja šumama u NP "Fruška gora". Primenjen je program Visual PROMETHEE koji ima jednostavan i pregledan korisnički interfejs. Kao pravac daljih istraživanja predloženo je da se istraži pitanje određivanja značaja pojedinačnih kriterijuma, kao i kontekst grupnog donošenja odluka. Iako je Visual PROMETHEE pouzdana softverska podrška za precizno definisane probleme odlučivanja, predlog je da se dopunske analize izvrše sastavljanjem kodova u programskom jeziku R.

ZAHVALNOST

Autori se zahvaljuju Fulbright programu Vlade SAD koji je finansirao boravak prvog autora na post-doktorskom usavršavanju u Korvalisu, SAD tokom 2018. godine. Rad predstavlja i deo rezultata istraživanja na naučnom projektu OI 174003: Teorija i primena *Analitičkog hijerarhijskog procesa za višekriterijumsko odlučivanje u uslovima rizika i neizvesnosti (individualni i grupni kontekst)*, koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

- Behzadian, M., Kazemzadeh, R.B., Albadvi, A., Aghdasi, M. (2010): PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. *European Journal of Operational Research* 200(1): 198-215.
- Brans, J.P., Vincke, P., Mareschal, B. (1986): How to select and how to rank projects – the PROMETHEE method. *European Journal of Operational Research* 24: 228-238.
- Diaz-Balteiro, L., Romero, C. (2008): Making forestry decisions with multiple criteria: a review and an assessment. *Forest Ecology and Management* 255(8-9): 3222-3241.

- IUCN (2008): Guidelines for protected areas management categories, part II. The Management Categories. IUCN, Gland, Switzerland.
- Kangas, A., Kurttila, M., Hujala, T., Eyvindson, K., Kangas, J. (2015): Decision Support for Forest Management, Managing Forest Ecosystems. Springer International Publishing, Cham, Switzerland.
- Lakićević, M., Srđević, B. (2017): Multiplicative version of PROMETHEE method in assessment of parks in Novi Sad. Journal for Natural Sciences Matica srpska 132: 79-86.
- Lakicevic, M., Srdjevic, B., Velichkov, I. (2018): Combining AHP and Smarter in forestry decision making. Baltic Forestry 24(1): 42-49.
- Lakićević, M. (2013): Primena Analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP) i participativnog odlučivanja u upravljanju Nacionalnim parkom „Fruška gora“, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Beograd, Srbija.
- Srđević, B., Srđević, Z., Zoranović, T. (2002): PROMETHEE, TOPSIS i CP u višekriterijumskom odlučivanju u poljoprivredi. Letopis naučnih radova Poljoprivrednog fakulteta 26(1): 5-23.
- Srđević, B., Srđević, Z., Zoranović, T. (2006): Višekriterijumski i društveni metodi odlučivanja u savremenoj poljoprivredi. Savremena poljoprivreda 55(5): 1-7.