

# Analitički hijerarhijski i analitički mrežni proces u kontekstu održivoga gospodarenja šumama

Marko Lovrić

## Nacrtak – Abstract

Donošenje odluka u šumarstvu obilježeno je višestrukim ciljevima upravljanja i širokim rasponom dionika, a odabir alternative na bilo kojoj razini odlučivanja ili bilo kojem vremenskom horizontu mora uzeti u obzir vrijednosti koje nisu izravno usporedive te suočiti se s nesigurnošću njezine implementacije. Jednu od skupina alata za potporu pri odlučivanju čine višekriterijski modeli odlučivanja, od kojih su prikazane teoretske osnove analitičkoga hijerarhijskoga i analitičkoga mrežnoga procesa te njihove primjene u šumarstvu. Ti su modeli razrađeni u višestupanjskom konceptualnom okviru istraživanja održivoga upravljanja šumama s prihvaćanjem stajališta stručnjaka i dionika, čime se postiže optimizacija između različitih kriterija upravljanja i osigurava implementacija preferirane alternative. Kao prilog metodologiji opisan je preliminarni model analitičkoga mrežnoga procesa za operativno upravljanje gospodarskom šumom te su analizirani načini moguće primjene navedenoga modela.

Ključne riječi: višekriterijski modeli odlučivanja, AHP, ANP, održivo upravljanje šumama

## 1. Uvod – Introduction

Šumarska politika uključuje ekološke, socioekonomske i političke procese te vrijednosne sudove, a samo donošenje odluka razumijeva zahtjevne compromise među različitim ciljevima (Gregory i Keeney 1994). Navedeni procesi su glavna obilježja upravljanja šumskim ekosustavima na globalnoj razini, posebice konflikti između zaštite biološke raznolikosti te pridobivanja drva u tropskim prašumama Južne Amerike i Afrike te u starim prirodnim šumama sjeverozapada SAD-a, kao i konflikti između potrajnoga pridobivanja drva iz prirodnih modificiranih šuma i pridobivanja drva iz poljoprivredno-šumarskih plantaža u Indokini.

Kako raste složenost donošenja odluka, tako njihovi donositelji sve teže mogu identificirati alternative koje maksimiziraju vrijednosti svih kriterija, mnogi od kojih su vezani za okolišne funkcije ekosustava i ne mogu se izravno novčano vrednovati. Sve to predstavlja i glavnu implikaciju korištenja višekriterijskih modela odlučivanja u šumarstvu, tj. izo-

stanak primjene metoda evaluacije na dijelovima okoliša ili njegovih usluga pri upravljanju šumama.

Prema definiciji Međunarodnoga društva višekriterijskoga donošenja odluka ono je »... studija metoda i procedura kojima se problematika obilježena višestrukim konfliktnim kriterijima može formalno uključiti u upravljačko-planski proces«. Višekriterijski proces donošenja odluka uobičajeno se sastoji od ovih koraka:

- ⇒ definiranje cilja,
- ⇒ određivanja kriterija pomoću kojih se vrednuje dostizanje cilja,
- ⇒ specifikiranje alternativa; izrađivanje pretvorbenih faktora među jedinicama skala kriterija,
- ⇒ pridodavanje pondera kriterijima sukladno njihovom relativnomu značenju,
- ⇒ odabir matematičkoga logaritma za rangiranje alternativa,
- ⇒ odabir alternative (Keeney 1992, Hajkowicz i Prato 1998).

Funkcionalnu razdiobu višekriterijskih metoda donošenja odluka pružaju Hajkowicz i dr. (2000a).

Prema njima osnovna je podjela metoda na kontinuirane i diskretne metode s obzirom na vid alternativa. Kontinuirane metode teže ka identifikaciji optimalne kvantitete ciljne vrijednosti, a najčešće su metode linearno i ciljno programiranje. Diskretne su metode karakterizirane konačnim brojem alternativa te skupom ciljeva i kriterija prema kojima će se vrednovati alternative s obzirom na koliko ispunjavaju cilj i kriterije (Hajkowicz i dr. 2000b). Diskretne se metode mogu podijeliti na metode ponderiranja i metode rangiranja (Nijkamp i dr. 1990), a svaka od navedenih skupina metoda dalje se može podijeliti na kvantitativne, kvalitativne ili miješane metode s obzirom na vrstu varijabli (nominalna, ordinarna, kontinuirana) kojom se opisuju varijable alternativa.

## 2. Teoretske osnove i primjene analitičkoga hijerarhijskoga i analitičkoga mrežnoga procesa u šumarstvu

### *Theoretical foundations and application of Analytic Hierarchical Process and Analytical Network Process in forestry*

Teoretsku osnovu analitičkoga hijerarhijskoga procesa (AHP) razvio je Saaty (1977), pri čemu se elementi odluke izravno uspoređuju u smjeru od hijerarhijski nižega prema hijerarhijski višem elementu u skali od 1 do 9, s tim da se podaci o izravnim usporedbama mogu analizirati ili regresijskom analizom ili metodom najveće svojstvene vrijednosti.

AHP je često korištena metoda pri strateškom planiranju u šumarstvu (tablica 1). Počeci upotrebe metode padaju na kraj 80-ih (Varis 1989, Anselin i dr. 1989, Mendoza i Sprouse 1989), kada znanstvenici nastoje ispitati upravljanje šumama s izraženim različitim vrijednostima. Na njihovu tragu Kangas i Kuusipalo (1993) te Kangas i Pukkala (1996) nastoje kvantificirati zaštitu biološke raznolikosti pri upravljanju šumama. Iz tablice 1 vidljivo je da većinu primjena metode ustvari čine studije vezane uz upravljanje šumama s posebnim uvjetima zaštite prirode, no u isto vrijeme većina se istraživanja tiče problema odluka vezanih uz upravljanje šumama koje potječu od jednoga donositelja odluka. Prvi primjer uključivanja dionika u donošenje odluka je iz 1994. (Kangas 1994a) kada je autor ispitivao upravljanje šumama u Ruunaa, zaštićenom području u Finskoj. Slično su istraživanje proveli Qureshi i Harrison 2001, pri kojem su dionici odlučivali između četiri alternative upravljanja priobalnom vegetacijom u slivu rijeke Johnston u Australiji. Na strateškoj razini Ananda i Hearth (2003) ispitivali su opću politiku upravljanja šumama u Australiji, pri čemu je model AHP pokazao konzistentnost u predviđanju odabira dionika. Us-

poredbu nekoliko višekriterijskih metoda na strateškoj razini upotrijebio je Proctor (2000), koji je istražio da članovi Šumskoga foruma Novoga Južnoga Walesa preferiraju »krajnje« alternative upravljanja šumama (»politika drvne industrije« i »zaštita prirode«) nad kompromisnim, multifunkcionalnim alternativama.

Kombiniranje AHP s drugim analitičkim metodama prvi je upotrijebio Kangas (1993) kada je također primijenio regresijsku analizu pri proučavanju održivosti upravljanja staništima divljih životinja. Od drugih hibridnih metoda najčešće su one s višeatributnom teorijom korisnosti – MAUT (Pukkala i Kangas 1993, Kangas i dr. 2001) te one s heurističkom optimizacijom (Kangas i Pukkala 1996, Pukkala 1998, Pykäläinen i dr. 1999). AHP je također često korišten (Kangas 1994b, Pukkala i Kangas 1996, Alho i dr. 1996, Leskinen i Kangas 1998) pri analizi prioriteta između alternativnih odluka s uključenim nesigurnostima, koja se temelji na metodi pri kojoj su utjecaji alternativa na kriterije u obliku izravnih usporedbi, a svaka je usporedba prezentirana s vjerojatnošću pojavljivanja.

Prednosti primjene metode očituju se u fleksibilnosti korištenja različitih oblika dizajna modela i vrsta varijabli, jednostavnom razumijevanju načina rada modela i mogućnošću kombiniranja modela s drugim metodama analize. No metoda posjeduje i brojne nedostatke, pri čemu su najvažniji činjenica da dizajn modela u velikoj mjeri utječe na rangiranje alternativa te da metoda ne može biti korištena u situacijama u kojima postoji velik broj dionika, niti može vjerodostojno prikazati vrlo kompleksne sustave. Posljednji je stavak osobito bitan pri modeliranju održivoga upravljanja šumama, koje se, zbog kompleksnosti ekosustava te njegovih socijalnih i ekonomskih interakcija s društvom, teško može vjerno predstaviti modelom AHP. Navedeni su nedostaci ispravljani u analitičkom mrežnom procesu (ANP).

Analitički je mrežni proces (Saaty 2001) generalizacija analitičkoga hijerarhijskoga procesa koja dopušta stvaranje ovisnosti i povratnih veza među jedinicama modela. Temelji se na izravnim usporedbama među elementima i klasterima elemenata koristeći diskretnu skalu odnosa. Jedan od preduvjeta korištenja modela ANP jest pažljivo dizajniranje strukture (definiranje klastera i njihovih elemenata – indikatora) te specificiranje odnosa između i unutar klastera, te na kraju uključivanje preddefiniranih alternativnih scenarija (odluka). Matematički gledano, model ANP predstavlja korištenje trostruke supermatrice (Saaty 2001), pri čemu se supermatrica bez pondera sastoji od blokova izravnih odnosa (usporedbi) među matricama, a odnos je označen pravcem, smjerom i intenzitetom (vektor). Važnost matrice

**Tablica 1.** Primjene metoda AHP i ANP s osnovnim obilježjima (modificirano na osnovi Ananda i Hearth 2009)

**Table 1** Applications of AHP and ANP methods with their basic characteristics (modified on the basis of Ananda and Hearth 2009)

Autori (godina) Authors (year)	Država State	Br. d. No. d.	Br. kr. No. c.	Br. al. No. al.	Područje istraživanja Area of research
Analitički hijerarhijski proces – <i>Analytic Hierarchical Process</i>					
Ananda and Herath 2003.	Australija – <i>Australia</i>	112	3	3	Šumarstvo – <i>Forestry</i>
Anselin i dr. 1989.	Hipotetski – <i>Hypotetical</i>	1	3	-	Ekološko vrednovanje – <i>Ecological evaluation</i>
Mendoza i Sprouse 1989.	SAD – <i>USA</i>	1	4	3	Planiranje u šumarstvu u nesigurnom okruženju <i>Forest planning under fuzzy environments</i>
Varis 1989.	Hipotetski – <i>Hypotetical</i>	1	8	6	Upravljanje rezervatom – <i>Reservoir management</i>
Kangas 1992.	Finska – <i>Finland</i>	1	3	-	Planiranje u šumarstvu – <i>Forest planning</i>
Kangas 1993.	Finska – <i>Finland</i>	1	10	10	Vrednovanje alternativa pošumljavanja <i>Evaluating reforestation alternatives</i>
Pukkala i Kangas 1993.	Finska – <i>Finland</i>	1	-	4	Heuristička optimizacija planiranja u šumarstvu <i>Heuristic optimization in forest planning</i>
Kangas i Kuusipalo 1993.	Finska – <i>Finland</i>	1	9	-	Integriranje biološke raznolikosti u upravljanje šumama <i>Integrating biodiversity into forest planning</i>
Reynolds Holsten 1994.	SAD – <i>USA</i>	2/3/5	3	-	Rizici pojavnosti ekspanzije populacije potkornjaka <i>Risk factors for bark beetle outbreaks</i>
Kangas 1994b.	Finska – <i>Finland</i>	1	4	6	Uključivanje faktora rizika pri planiranju u šumarstvu <i>Incorporating risk attitudes in forestry</i>
Kangas 1994a.	Finska – <i>Finland</i>	14	-	-	Participacija dionika pri planiranju u šumarstvu <i>Public participation in forest planning</i>
Pukkala i Kangas 1996.	Finska – <i>Finland</i>	1	4	4	Heuristička metoda integracije rizika <i>Heuristic method of integrating risk attitudes</i>
Kangas i Pukkala 1996.	Finska – <i>Finland</i>	1	-	-	Planiranje zaštite biološke raznolikosti – <i>Biological diversity planning</i>
Kangas i dr. 1996.	Finska – <i>Finland</i>	3	5	10	Participativno planiranje u šumarstvu – <i>Participatory forest planning</i>
Alho i dr. 1996.	Finska – <i>Finland</i>	1	5	5	Utjecaj nesigurnosti na ekološke posljedice planiranja <i>Uncertainty in predictions of ecological consequences</i>
Alho i Kangas 1997.	Finska – <i>Finland</i>	3	3	6	Analiziranje nesigurnosti pri odlukama stručnjaka <i>Analyzing uncertainties in experts' judgments</i>
Kuusipalo i dr. 1997.	Indonezija – <i>Indonesia</i>	1	-	-	Održivo upravljanje šumama – <i>Sustainable forest management</i>
Leskinen i Kangas 1998.	Finska – <i>Finland</i>	-	24	-	Analiziranje nesigurnosti pri odlučivanju na osnovi intervalnih podataka <i>Analyzing uncertainties in interval judgment data</i>
Mendoza i Prabhu 2000.	Indonezija – <i>Indonesia</i>	6	4	10	Vrednovanje kriterija i indikatora upravljanja šumama <i>Evaluation of criteria and indicators for forest sustainability</i>
Kangas i dr. 2000.a,b	Finska – <i>Finland</i>	1	13	-	Unapređivanje krajobrazne sastavnice upravljanja šumama <i>Improving the quality of landscape ecological forest planning</i>
Kurttila i dr. 2000.	Finska – <i>Finland</i>	1	8	5	Certifikacija u šumarstvu – <i>Forest certification</i>
Proctor 2000.	Australija – <i>Australia</i>	22	-	-	Regionalno upravljanje šumama – <i>Regional forest planning</i>
Quaddus i Siddique 2001.	Bangladeš – <i>Bangladesh</i>	1	12	4	Planiranje održivoga razvoja – <i>Sustainable development planning</i>
Qureshi i Harrison 2001.	Australija – <i>Australia</i>	13	4	-	Upravljanje obalnom vegetacijom – <i>Riparian revegetation options</i>
Duke i Aull-Hyde 2002.	SAD – <i>USA</i>	129	12	4	Zaštita poljoprivrednih imanja – <i>Farmland preservation</i>
Qureshi i Harrison 2003.	Australija – <i>Australia</i>	13	17	4	Upravljanje obalnom vegetacijom – <i>Riparian revegetation options</i>
Analitički mrežni proces – <i>Analytic Network Process</i>					
Wolfslehner i dr. 2005.	Austrija – <i>Austria</i>	1	43	4	Upravljanje gospodarskom jedinicom <i>Planning on the level of forest management unit</i>
Vacik i dr. 2007.	Austrija – <i>Austria</i>	1	33	4	Upravljanje gospodarskom jedinicom <i>Planning on the level of forest management unit</i>
Wolfslehner i Vacik 2008.	Austrija – <i>Austria</i>	1	12	4	Upravljanje gospodarskom jedinicom <i>Planning on the level of forest management unit</i>
Wolfslehner i Vacik 2011.	Austrija – <i>Austria</i>	1	35	-	Nacionalno održivo upravljanje šumama <i>Sustainable forest management on national level</i>

 Br. d. (broj donositelja odluka) – *No. d. (Number of decision makers)*

 Br. kr. (broj kriterija) – *No. c. (Number of criterion)*

 Br. al. (broj alternativa) – *No. al. (Number of alternatives)*

(elementa) u supermatrici određena je ponderom definiranim jednadžbom:

$$Aw = \lambda_{\max} w \quad (1)$$

Gdje je:

$A$  predmetna matrica

$\lambda_{\max}$  najveća svojstvena vrijednost od  $A$

$w$  vektor prioriteta

$t_a$  temperatura zraka, °C

Navedeno omogućuje dizajniranje modela ANP slobodno od bilo kakve preddefinirane strukture te se može prilagoditi prezentiranju sustava bez obzira na njihovu složenost, dok se sami modeli mogu i naknadno modularno proširivati kako bi se uzele u obzir nove varijable odluke, novi dionici, alternative ili nove analize.

Wolfslehner i dr. (2005) pokazali su kako je ANP prikladna metodologija za implementaciju višekriterijskih modela odlučivanja u šumarstvu, koja može vjerodostojno prikazati ekološko-tehnološke funkcionalne odnose balansiranjem među indikatorima, te u usporedbi s AHP pokazao je veću osjetljivost modeliranja na vrijednost funkcija i manju ovisnost rezultata o dizajnu modela. Vacik i dr. (2007) provode studiju odlučivanja o upravljanju smrekovom kulturom kombinirajući model ANP s okvirom DSPIR (*Driver – Pressure – State – Impact – Response*; Kristensen 2004), pri čemu se pokazalo da je najbolje prevesti kulturu u preborno šumu s bukvom, smrekom i jelom. Sam je model pokazao osjetljivost rezultata prema postavljanju brojnih indikatora (33) u sustav DSPIR (dominirajući sustav nacionalnoga i međunarodnoga izvještavanja o okolišu; EEA, 2005) i na njihove međuodnose te time i potrebu za izlučivanjem ključnih indikatora.

Navedeno su proveli Wolfslehner i Vacik (2008), koji na osnovi prethodnih istraživanja (Wolfslehner i dr. 2003) stvaraju razrađen model ANP upravljanja gospodarskom jedinicom preborne strukture s četiri vremenska koraka (0, + 40 god., + 80 god. i + 120 god. scenarij), s tim da su ključni indikatora (12) razrađeni prema okviru PSR (*Pressure – State – Response*; Pritsak – Stanje – Odgovor) Organizacije za ekonomsku suradnju i razvoj (OECD 1993) koji je razvijen za analizu okoliša u ekonomskom kontekstu na nacionalnoj razini, ali je korišten na nižim planskim i operativnim razinama u šumarstvu i pri upravljanju prirodnim resursima (Crabtree i Bayfield 1998, Kammerbauer i dr. 2001, Firbank i dr. 2003). I premda se upotrijebljeni okvir PSR razrade indikatora pokazao prigodnim za ANP modeliranje, autori su ukazali na problem nedostatka vizualizacije mreže indikatora, čime bi se omogućilo preciznije definiranje njihovih

međuovisnosti, a time i povećala razina valjanosti same odluke.

Daljnji napredak na tom polju učinili su Wolfslehner i Vacik (2011), kada su pomoću kognitivnih mapa izradili tri tipa modela ANP: hijerarhijski, mrežni i DSPIR. Od navedenih najprikladnijim se pokazao model DSPIR, jer su njegovi nedostaci (Vacik i dr. 2007) smanjeni vizualizacijom modela. Autori predviđaju korištenje navedenih modela pri *ex-ante* analizama upravljanja šumama, no također upućuju na činjenicu da je bespredmetno provoditi takvo istraživanje bez cjelovitih ulaznih podataka, što je za sada slučaj u većini zemalja (MCPFE kvantitativni indikatori, UNECE/FAO 2007). Premda visoka razina modularnosti korištenja metode ANP omogućuje vjerodostojno prikazivanje kompleksnih sustava kao što je upravljanje šumama, navedeno predstavlja i njezin najveći nedostatak – zbog velikoga broja međuovisnosti te time i visoke razine zahtjevnosti provođenja istraživanja primjena metode za sada je isključivo u akademskoj sferi.

### 3. Koncept istraživačke metodologije korištenja modela AHP i ANP u održivom upravljanju šumama *Concept of research methodology of using AHP and ANP models in sustainable forest management*

Osnove teoretskih postavki višekriterijskih modela odlučivanja lako su dostupne (Ananda i Heart 2009), kao i pregledi njihovih primjena u šumarstvu (Diaz-Balteiro i Romero 2008, Ananda i Heart 2009, Šporčić i dr. 2010); međutim, pri njihovoj implementaciji treba imati na umu da znanstvenu utemeljenost njihove primjene u jednakoj mjeri određuje pravilno korištenje metode koliko i znanstvena validnost načina na koji je sam model konstruiran. Preduvjet za provođenje istraživanja s višekriterijskim modelima odlučivanja jest da znanstvenik koji ga provodi posjeduje funkcionalno znanje o modelima i o samoj tematici istraživanja; no, iz sekundarnoga istraživanja relevantne literature očigledno je da poznavanje tematike područja istraživanja predstavlja kritičnu točku pri korištenju višekriterijskih modela u šumarstvu. Kompleksnost sustava nad kojima se obavljaju istraživanja rijetko ostavljaju mogućnost znanstveniku da ga sam modelira na odgovarajući način, a u slučaju upravljanja šumama kao sustava koji se sastoji od svoje biološke, ekonomske i socijalne komponente to je gotovo nemoguće. Zbog navedenoga potrebno je proširiti listu osoba koje sudjeluju u kreiranju modela sukladno njegovu sadržaju. No korištenje višekriterijskih modela rijetko se kada ko-

risti hipotetski (Anselin i dr. 1989, Varis 1989), već se gotovo isključivo koristi na nekoj razini upravljanja, što može varirati od gospodarske jedinice (Wolfslehner i Vacik 2008) pa sve do nacionalne razine (Ananda i Hearth 2003). Analizom preko 5000 projekata vezanih uz upravljanje prirodnim resursima (Ostrom 1990) pokazalo se da je jedan od odlučujućih čimbenika uspjeha njihove implementacije uključenost dionika u različite faze projekta, od kojih su najvažniji bili uključenost u formulaciju i implementaciju. To je i u skladu s načelima održivoga upravljanja šumama (proces MCPFE, montrealški proces), s međunarodnim zakonodavstvom vezanim uz razvoj demokracije (helsinški proces) te s načelima i sukladnim obavezama certifikacije u šumarstvu (stavovi FSC i PEFC).

Donosimo jednostavan i kratak pregled potpunoga procesa donošenja odluka u situaciji koja zahtijeva korištenje višekriterijskih modela, a odnosi se na stvarnu situaciju, i prilagođena okruženju da može pružiti znanstveno utemeljena rješenja koja se mogu implementirati.

⇒ Definiranje problema

Definira se istraživačko pitanje. Istraživač samostalno definira istraživačko pitanje koje određuje sve daljnje korake. Uz samo pitanje potrebno je taksativno navesti glavne metodološke elemente te glavne skupine dionika i znanstvenih grana kojih se problem dotiče. Često se nedovoljno pažnje posvećuje ovom koraku.

⇒ Identifikacija dionika

Istraživač određuje *ad hoc* radnu skupinu (4 – 10 osoba) koju sačinjavaju pripadnici glavnih skupina dionika i relevantnih znanstvenih grana. Njihov je zadatak da identificiraju sve moguće dionike. Preporučuje se *brainstorming* metoda grupnoga odlučivanja za primarnu identifikaciju. Nakon toga radna skupina grupira dionike na osnovi važnosti prema nekoj od metoda analize dionika (kao što je mreža utjecaja i interesa), s tim da se i stručnjaci relevantnih znanstvenih grana također tretiraju kao dionici. Sama razrada važnosti dionika određuje težište daljnega istraživanja, a time i glavne elemente višekriterijskoga modela. Sukladno navedenoj razradi potrebno je odabrati odgovarajuću metodologiju.

⇒ Analiza dionika

S obzirom na rezultate 2. koraka istraživač kreira upitnik. Preporučuje se obaviti predtestiranje upitnika na osobama koji nisu članovi radne skupine, i tom prilikom ispitati eventualne dionike ili tematske elemente koji su propušteni u 2. koraku. Upitnik se distribuira u stratificiranom uzorku koji odgovara važnosti dionika. Korištenjem upitnika nastoje se definirati stavovi dionika prema problemu i prema ostalim dionicima. Odnosi prema problemu definiraju

glavne elemente višekriterijskoga modela te preliminarne veze između elemenata.

⇒ Razvoj alternativa

Radna skupina iz 2. koraka (eventualno proširena na osnovi nalaza iz 3. koraka) definira alternative na osnovi rezultata analize upitnika. Važnost elemenata alternativa određuje se iz odnosa dionika prema problemu, a sadržaj elemenata alternativa određuje se iz analize međudnosa dionika kako bi pojedine alternative odražavale stavove ključnih skupina.

⇒ Modeliranje sustava

Ovim se korakom trebaju definirati odnosi između svih sastavnica modela (cilj, kriteriji, dodatni elementi, alternative). Odnosi između elemenata modela njegov su najvažniji dio, važniji čak i od samoga dizajna modela (Wolfslehner i Vacik 2011), no kako se s linearnim povećanjem broja elemenata broj međudnosa elemenata povećava eksponencijalno, grupno odlučivanje o navedenom je vrlo zahtjevno. Prema mogućnosti (dovoljan proračun) problem je moguće riješiti višednevnom radionicom (Brang i dr. 2002), a u slučaju manjega proračuna s manjim brojem upućenih predstavnika dionika primjenom *delphi* metode (Wolfslehner i dr. 2003), a u slučaju većega broja dionika metodom produbljenih intervjua (Giupponi i dr. 2006) i kognitivnih mapa (Wolfslehner i Vacik 2011).

⇒ Analiza modela

Cilj svake analize modela jest odabir alternative, tj. donošenje odluke. No kako ni jedan višekriterijski model ni njegovi podaci ne odražavaju u potpunosti stvarnu situaciju, pa tako određivanje prioritete alternative treba shvatiti samo kao pomoć pri stvarnom donošenju odluke, čija se vrijednost može povećati pomoću razrada kao što su analiza osjetljivosti (Ying i dr. 2007), analiza SWOT (Kurttila i dr. 2000), dodavanjem viševremenskih horizonata (Wolfslehner i Vacik 2008) ili čak višestrukim modelima (Wolfslehner i Vacik 2011).

#### 4. Koncept-model analitičkoga mrežnoga procesa – *Concept model of Analytical Network Process*

Sukladno predloženoj metodologiji izloženoj u prethodnom poglavlju (5. korak), okvirni je koncept modela ANP prikazan na slici 1. Taj je model namijenjen korištenju za upravljanje gospodarskom šumom na razini gospodarske jedinice ili stanišnoga tipa pri jednom vremenskom horizontu ili više njih. Cilj je »održivo upravljanje šumama« s ovom definicijom: »Upravljanje i korištenje šuma i šumskoga zemljišta na način koji održava njezin biološki, pro-

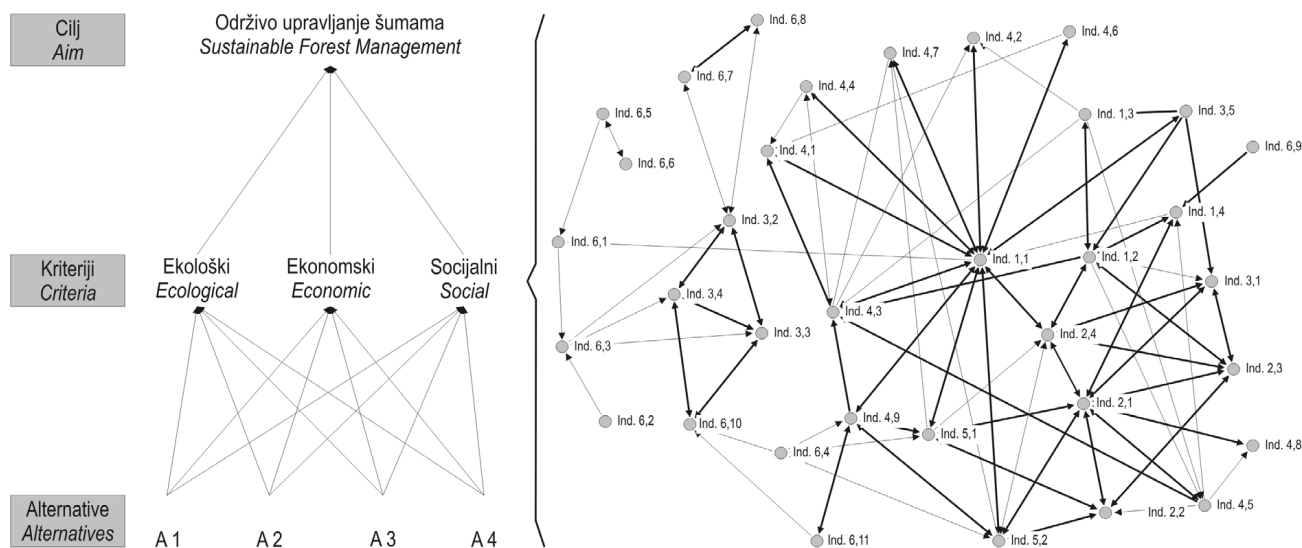
dukcijski i regeneracijski kapacitet, vitalnost te potencijal da ispuni sada i u budućnosti relevantne ekološke, ekonomske i socijalne funkcije na lokalnoj, nacionalnoj i globalnoj razini, te da se pri tom ne čini šteta drugim ekosustavima» (MCPFE, H1 rezolucija, 1993). Ta je generička definicija razrađena kroz indikatore. Preporučuje se upotreba paneuropskih unaprijeđenih kvantitativnih kriterija i indikatora (MCPFE, Beč 2002). Najpotpunija razrada cjelovitih paneuropskih indikatora napravljena je u Rendquandtovoј disertaciji (2007; prikazana na slici 1), a u slučaju ograničenoga proračuna moguće je pristupiti analizi prioriteta kriterija (Wolfslehner i dr. 2003), odabiru ključnih indikatora (Wolfslehner i dr. 2008) ili pak dizajniranju novih indikatora i njihovih međuovisnosti specifično za pojedini slučaj (Brang i dr. 2002). Broj alternativa odluke nije definiran, premda većina dosadašnjih modela ima ih 4 do 5, a sastojе se od sljedećih cjelina:

- ⇒ sustav sječa,
- ⇒ uzgojni radovi,
- ⇒ zaštita šuma,
- ⇒ šumske prometnice,
- ⇒ drvni i nedrvni šumski proizvodi,
- ⇒ utjecaj na zaštitu prirode te lovstvo.

Alternative odluke nalaze se u gradaciji od sustava zaštite prirode pa do upravljanja šumom s primarnom namjenom pridobivanja drva, s tim da se krajnja opcija bez korištenja prirodnih resursa često ne navodi jer kao takva ne udovoljava ekonomskim kriterijima održivoga upravljanja šumama (no koristi se pri upravljanju zaštićenim područjima).

## 5. Diskusija i zaključak – Discussion and conclusions

Uza sve opisane prednosti i nedostatke analitičkoga hijerarhijskoga i analitičkoga mrežnoga procesa njihovo se korištenje čini primjerenim za donošenje odluka u šumarstvu. No, sami modeli u većini slučajeva nastaju kao odraz shvaćanja problema nekolicine znanstvenika, čime su zastupljeni samo formalni aspekti (Krott 2005) i pri čemu nema analize implementacije preferirane alternative. Taj nedostatak čini višekriterijske modele samo jednim od pomoćnih alata pri donošenju odluka i predstavlja razlog zbog kojega se težište istraživanja šumarske politike polako prenosi na analize koje obuhvaćaju širi kontekst implementacije okvirno zadanoga rješenja prema načelima »mekoga upravljanja« (engl. *governance*; Buttoud i dr. 2004, UNDP 2006, WB – ARD 2009, Secco i dr. 2010). Taj su nedostatak znanstvenici pokušali riješiti povećanjem broja donositelja odluka, no to je samo djelomično rješenje; tek potpuna višestupanjska integracija modela u njegovo okruženje, kao što je konceptno pružena u prethodnom poglavlju ili kroz pristup *NetSyMoD* (Giupponi 2006), može omogućiti podršku za donošenje odluke, čija je implementacija usklađena s njezinim ekološkim, društvenim te ekonomskim okruženjem i implikacijama. Takva razrada problema, nažalost, traži puno vremena i materijalnih resursa čineći ju neprikladnim za operativno šumarstvo, pa se može očekivati da će se prezentirani metodološki okviru upotrebljavati kada postoje izražene visoke vrijednosti šuma (npr. pri upravljanju zaštićenim pod-



Slika 1. Koncept-model ANP (razrada kriterija na temelju Rendquandt 2007)  
 Fig. 1 ANP concept model (dissemination of criteria based on Rendquandt 2007)

ručjima s manjim ograničenjima u korištenju prirodnih resursa) ili pri široko primjenjivim modelima, kao što su više razine planiranja u šumarstvu (npr. ekološko-gospodarski tip, stanišni tip), integralno planiranje NATURA 2000 područjima ili upravljanje zaštićenim vrstama i staništima prema Direktivi o staništima (EC 92/43/EEC) i Direktivi o pticama (2009/147/EC).

Ako se rangiraju metode za pomoć u donošenju odluka prema udjelu stručnih stajališta s jedne strane i udjelu stajališta dionika druge strane, višekriterijski se modeli nalaze u sredini između ekonomskih analiza troška i dobiti s evaluacijom okolišnih komponenti te participativnoga integralnoga upravljanja. Predstavljani koncepti istraživačke metodologije omogućuju im da dostignu stručnu razinu evaluacije uz istodobnu prilagođenost implementaciji, a razrada je takvih modela izazov za buduća istraživanja.

## 6. Literatura – References

Alho, J. A., J. Kangas, O. Kolehmainen, 1996: Uncertainty in expert predictions of the ecological consequences of forest plans. *Applied Statistics*, 45(1): 1–14.

Ananda, J., G. Hearth, 2009: A critical review of multi-decision making methods with special reference to forest management and planning. *Ecological Economics*, 68(10): 2535–2548.

Ananda, J., G. Herath, 2003: Incorporating stakeholder values into regional forest planning: a value function approach. *Ecological Economics*, 45(1): 189–206.

Anselin, A., P. M. Meire, L. Anselin, 1989: Multi-criteria techniques in ecological evaluation: an example using the analytic hierarchy process. *Biological Conservation*, 49(3): 215–229.

Bergeron, Y., B. Harvey, 1997: Basing silviculture on natural ecosystem dynamics: an approach applied to the southern boreal mixedwood forest of Quebec. *For. Ecol. Manage.*, 92(1–3): 235–242.

Brang P., B. Courbaud, A. Fischer, I. Kissling-Näf, D. Pettenella, W. Schönenberger, J. Spörk, V. Grimm, 2002: Developing indicators for the sustainable management of mountain forests using a modelling approach. *Forest Policy and Economics*, 4(2): 113–123.

Burgess, J., J. Clark, C. M. Harrison, 2000: Knowledges in action: an actor network analysis of a wetland agri-environment scheme. *Ecological economics*, 35(1): 119–132.

Buttoud, G., B. Solberg, I. Tikkanen, B. Pajari, 2004: The Evaluation of Forest Policies and Programmes. *EFI Proceedings No. 52*. European Forest Institute, Joensuu, Finland.

Crabtree, B., N. Bayfield, 1998: Developing sustainability indicators for mountain ecosystems: a study of the Cairngorms, Scotland. *Journal of Environmental Management*, 52(1): 1–14.

Davis, L. S., K. N. Johnson, P. Bettinger, T. Howard, 2001: *Forest Management to Sustain Ecological Economic and*

*Social Values*, 4<sup>th</sup> ed. McGraw-Hill Publishing Company, New York, 804 str.

Diaz-Balteiro, L., C. Romero, 1997: Modelling timber harvest scheduling problems with multiple criteria: an application in Spain. *Forest Science*, 44(1): 47–57.

Duke, J. M., R. Aull-Hyde, 2002: Identifying public preferences for land preservation using the analytic hierarchy process. *Ecological Economics*, 42(1–2): 131–145.

EEA (European Environment Agency), 2005: . European Environment Agency EEA Technical Report No 1. Luxembourg.

Firbank, L. G., C. J. Barr, R. G. H. Bunce, M. T. Furse, R. Haines-Young, M. Hornung, D. C. Howard, J. Sheail, A. Sier, S. M. Smart, 2003: Assessing stock and change in land cover and biodiversity in GB: an introduction to Countryside Survey 2000. *Journal of Environmental Management*, 67(3): 207–218.

Giupponi, C., R. Camera, A. Fassio, A. Lasut, J. Mysiak, A. Sgobbi, 2006: *Network Analysis, Creative System Modelling and Decision Support: The NetSyMoD Approach*. The Fondazione Eni Enrico Mattei, radni papir, 46 str.

Gregory, R., R. L. Keeney, 1994: Creating policy alternatives using stakeholder values. *Management Science*, 40(8): 1035–1048.

Hajkowicz, S. A., T. Prato, 1998: Multiple objective decision analysis of farming systems in Goodwater Creek Watershed, Missouri. *Research Report No. 24*, Centre for Agriculture, Resources and Environmental Systems, Columbia, Missouri.

Hajkowicz, S. A., G. T. McDonald, P. N. Smith, 2000a: An evaluation of multiple objective decision support weighting techniques in natural resource management. *Journal of Environmental Planning and Management*, 43(4): 505–518.

Hajkowicz, S. A., M. Young, S. Wheeler, D. H. MacDonald, D. Young, 2000b: Supporting decisions: understanding natural resource management assessment techniques. A Report to the Land and Water Resources Research and Development Corporation. CSIRO, South Australia.

Kammerbauer, J., B. Cordoba, R. Escolan, S. Flores, V. Ramirez, J. Zeledon, 2001: Identification of development indicators in tropical mountainous regions and some implications for natural resource policy designs: an integrated community case study. *Ecological Economics*, 36(1): 45–60.

Kangas, J., 1992: Multiple-use planning of forest resources by using the analytic hierarchy process. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 7: 259–268.

Kangas, J., 1993: A multi-attribute preference model for evaluating the reforestation chain alternatives of a forest stand. *Forest Ecology and Management*, 59(3–4): 271–288.

Kangas, J., 1994a: An approach to public participation in strategic forest management planning. *Forest Ecology and Management*, 70(1–3): 75–88.

Kangas, J., 1994b: Incorporating risk attitude into comparison of reforestation alternatives. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 9(3): 297–304.

Kangas, J., L. A. Hytönen, T. Loikkanen, 2000a: Integrating the AHP and HERO into the process of participatory natural resource planning. U: D. Schmoldt, J. Kangas, G. M. Mendoza, M. Pesonen (ur.), *The Analytic Hierarchy Process*

- in Natural Resources and Environmental Decision-making, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, str. 131–147.
- Kangas, J., T. Loikkanen, T. Pukkala, J. Pykäläinen, 1996: A participatory approach to tactical forest planning. Acta Forestalia Fennica Monograph No. 256. The Finnish Society of Forest Science and the Finnish Forest Research Institute.
- Kangas, J., J. Kuusipalo, 1993: Integrating biodiversity into forest management planning and decision-making. *Forest Ecology and Management*, 61(1–2): 1–15.
- Kangas, J., R. Store, P. Leskinen, L. Mehtätalo, 2000b: Improving the quality of landscape ecological forest planning by utilising advanced decision-support tools. *Forest Ecology and Management*, 132(2–3): 157–171.
- Kangas, J., T. Pukkala, 1996: Operationalization of biological diversity as a decision objective in tactical forest planning. *Canadian Journal Forest Research*, 26(1): 103–111.
- Kurttila, M., M. Pesonen, J. Kangas, M. Kajanus, 2000: Utilizing the analytic hierarchy process (AHP) in SWOT analysis — a hybrid method and its application to a forest certification case. *Forest Policy and Economics*, 1(1): 41–52.
- Kuusipalo, J., J. Kangas, L. Vesa, 1997: Sustainable forest management in tropical rain forests: a planning approach and case study from Indonesian Borneo. *Journal of Sustainable Forestry*, 5(3–4): 93–118.
- Kangas, J., A. Kangas, P. Leskinen, J. Pykäläinen, 2001: MCDM methods in strategic planning of forestry on state-owned lands in Finland: applications and experiences. *Journal of Multi-Criteria Analysis*, 10(5): 257–271.
- Keeney, R. L., 1992: *Value-Focused Thinking: A Path to Creative Decision Analysis*. Harvard University Press, Cambridge.
- Kristensen, P., 2004: The DPSIR Framework. Paper presented at the 27–29 September 2004 workshop on a comprehensive/detailed assessment of the vulnerability of water resources to environmental change in Africa using river basin approach. UNEP Headquarters, Nairobi, Kenya.
- Krott, M., 2005: *Forest Policy Analysis*. Springer, 1–323.
- Leskinen, P., J. Kangas, 1998: Analyzing uncertainties of interval judgment data in multiple-criteria evaluation of forest plans. *Silva Fennica*, 32(4): 363–372.
- Mendoza, G., R. Prabhu, 2000: Multiple criteria decision making approaches to assessing forest sustainability using criteria and indicators: a case study. *Forest Ecology and Management*, 131(1–3): 107–126.
- Mendoza, G. A., W. Sprouse, 1989: Forest planning and decision-making under fuzzy environments: an overview and illustration. *Forest Science*, 35(2): 481–502.
- Nijkamp, P., P. Rietveld, H. Voogd, 1990: *Multi-criteria Evaluation in Physical Planning*. North-Holland, Amsterdam, 219 str.
- MCPFE konvencije i rezolucije,
- Ostrom, E., 1990: *Governing the commons*. Cambridge University Press, Cambridge, 280 str.
- Proctor, W., 2000: Towards sustainable forest management: an application of multicriteria analysis to Australian forest policy. Third International Conference of the European Society for Ecological Economics, May 3–6. Vienna, Austria.
- Pukkala, T., 1998: Multiple risks in multi-objective forest planning: integration and importance. *Forest Ecology and Management*, 111(2–3): 265–284.
- Pukkala, T., J. Kangas, 1993: A heuristic optimization method for forest planning and decision-making. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 8(4): 560–570.
- Pukkala, T., J. Kangas, 1996: A method for integrating risk and attitude toward risk into forest planning. *Forest Science*, 42(2): 198–205.
- Pykäläinen, J., J. Kangas, T. Loikkanen, 1999: Interactive decision analysis in participatory strategic forest planning: experiences from state owned boreal forests. *Journal of Forest Economics*, 5(3): 341–364.
- Rendquardt, A., 2007: *Pan-European Criteria and Indicators for Sustainable Forest Management: Networking Structures and Data Potentials of International Data Sources*. Disertacija, Sveučilište u Hamburgu, Fakultet za matematiku, informatiku i prirodne znanosti, Hamburg, 229 str.
- OECD, 1993: *Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews: A Synthesis Report by the Group on the State of the Environment*. Environment Monographs, Vol. 83, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.
- Quaddus, M. A., M. A. B. Siddique, 2001: Modelling sustainable development planning: a multi-criteria decision conferencing approach. *Environment International*, 27(2–3): 89–95.
- Qureshi, M. E., S. R. Harrison, 2001: A decision support process to compare riparian revegetation options in Scheu Creek catchment in North Queensland. *Journal of Environmental Management*, 62(1): 101–112.
- Qureshi, M. E., S. R. Harrison, 2003: Application of the analytic hierarchy process riparian revegetation policy options. *Small-scale Forest Economics, Management and Policy*, 2(3): 441–458.
- Reynolds, K. M., 2005: Integrated decision support for sustainable forest management in the United States: fact or fiction? *Comput. Electron. Agric.*, 49(1): 6–23.
- Reynolds, K. M., E. H. Holsten, 1994: Relative importance of risk factors for spruce beetle outbreaks. *Canadian Journal of Forest Research*, 24(10): 2089–2095.
- Saaty, T. L., 1977: A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3): 234–281.
- Saaty, T. L., 2001: *Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process*. RWS Publishers, Pittsburg.
- Secco, L., R. Da Re, P. I. Gatto, D. T. Tassa, 2010: How to Measure Governance in Forestry: Key Dimensions and Indicators from Emerging Economic Mechanisms. Konferencija FAO-a Emerging economic mechanisms: implications for forest – related policies and sector governance. 6. – 8. rujan 2010, Ancona
- Schaller, L., R. Hubner, J. Kantelhardt, 2010: Climate change mitigation via peatland management – Challenges for rural areas. 9<sup>th</sup> European IFSA Symposium, 4–7 July 2010, Vienna (Austria), str. 1328–1337.



Šporčić, M., M. Landekić, M. Lovrić, S. Bogdan, K. Šegodić, 2010: Multiple criteria decision making in forestry – methods and experiences. *Šumarski list*, 134(5–6): 275–284.

Diaz-Balteiro, L., C. Romero, 2008: Making forestry decisions with multiple criteria: A review and an assessment. *Forest Ecology and Management*, 255(8–9): 3222–3241.

UNDP, 2006: Governance Indicators, A User's Handbook. United Nation Development Programme.

UNECE/FAO, 2007: State of Europe's Forests 2007. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe. Liaison Unit Warsaw.

Varis, O., 1989: The analysis of preferences in complex environmental judgements a – focus on the analytic hierarchy process. *Journal of Environmental Management*, 28(4): 283–294.

Vacik, H., B. Wolfslehner, R. Seidl, M. J. Lexer, 2007: Integrating the DPSIR-approach and the Analytic Network Process for the assessment of forest management strategies. U: K. Reynolds, K. Rennolls, M. Kohl, A. Thomson, M. Shannon, D. Ray (ur.), *Sustainable Forestry: From Monitoring and Modelling to Knowledge Management and Policy Science*, CABI Publishing, Vienna

WB – ARD, 2009: Roots for Good Forest Outcomes: An Analytical Framework for Governance Reforms. Report no.

49572 – GLB, The World Bank, Agriculture and Rural Development Department, Washington.

Wolfslehner B., H. Vacik, M. J. Lexer, A. Wuurz, E. Hochbichler, R. Klumpp, J. Spork, 2003: A system analysis approach for assessing sustainable forest management at FMU level. FAO Forestry Department: XII World Forestry Congress–Forest's Source of Life, September 21–28<sup>th</sup>, Quebec.

Wolfslehner, B., H. Vacik, M. J. Lexer, 2005: Application of the analytic network process in multi-criteria analysis of sustainable forest management. *Forest Ecology and Management*, 207(1–2): 157–170.

Wolfslehner, B., H. Vacik, 2008: Evaluating sustainable forest management strategies with the Analytic Network Process in a Pressure-State-Response framework. *Journal of Environmental Management*, 88(1): 1–10.

Wolfslehner, B., H. Vacik, 2011: Mapping indicator models: From intuitive problem structuring to quantified decision-making in sustainable forest management. *Ecological indicators*, 11(2): 274–283.

Ying, X., Z. Guang-Ming, C. Gui-Qiu, T. Lin, W. Ke-Lin, H. Dao-You, 2007: Combining AHP with GIS in synthetic evaluation of eco-environment quality – A case study of Hunan Province, China. *Ecological Modelling*, 209(2–4): 97–109.

---

## Abstract

---

### Analytical Hierarchical Process and Analytical Network Process in the Context of Sustainable Forest Management

*Decision making in forestry is characterized by multiple goals of management and by a wide specter of stakeholders, where the choice among the decision alternatives on any level of decision making or in any time horizon must take into consideration different values that are not directly comparable, and face the uncertainty of their implementation. Multiple-criteria decision making models are one of decision support tools, from which the theoretical basis and the forestry related implementation of the Analytical Hierarchical Process and Analytical Network Process have been presented. These models have been developed in a conceptual framework of research of sustainable forest management with the incorporation of opinions of experts and stakeholders, which secures the possibility of implementation of the preferred alternative. As a contribution to the framework, a preliminary model of the analytical network process for operational management of economical forest has been made, and the possibilities of the implementation of the respective models have been analyzed.*

*Keywords: Multiple-criteria decision making models, AHP, ANP, sustainable forest management*

---

Autorova adresa – Author's address:

Marko Lovrić, dipl. inž. šum.  
e-pošta: mlovric@sumfak.hr  
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije  
Svetošimunska 25  
HR-10 000 Zagreb  
HRVATSKA

Primljeno (Received): 14. 9. 2010.  
Prihvaćeno (Accepted): 1. 11. 2010.