

# Analiza omeđivanja podataka kao metoda efikasnosti – mogućnosti primjene u šumarstvu

Mario Šporčić, Ivan Martinić, Matija Landekić, Marko Lovrić

## Nacrtač – Abstract

*U radu se opisuju mogućnosti primjene analize omeđivanja podataka u šumarstvu te obrazlaže važnost modela i tehnika koji mogu pridonijeti lakšemu analiziranju, planiranju i predviđanju pri gospodarenju šumama. Analiza je omeđivanja podataka (AOMP) deterministička neparameterska metodologija za procjenu relativne efikasnosti usporedivih jedinica s više inputa i outputa. Objašnjava se koncept relativne efikasnosti i obrazlažu matematičko-statističke osnove metode AOMP. Uspoređuju se tradicionalne tehnike mjerenja efikasnosti i AOMP te opisuju prednosti i nedostaci metode AOMP. Pregledom dijela provedenih istraživanja prikazani su primjeri primjene AOMP-a u šumarstvu. Temeljem prikazanih primjera, karakteristika metode AOMP i opisanih mogućnosti primjene zaključuje se da analiza omeđivanja podataka u šumarstvu, jednako kao i u mnogim drugim poslovnim sustavima, može biti vrlo snažna podrška planiranju i odlučivanju.*

*Ključne riječi: poslovanje, šumarstvo, efikasnost, analiza omeđivanja podataka*

## 1. Uvod – Introduction

Poslovanje u šumarstvu naglašeno je kompleksno zbog višestrukih ciljeva gospodarenja šumama. Načelo održivoga razvoja pretpostavlja upravljanje i uporabu šuma i šumskoga zemljišta tako da se održava njihova biološka raznolikost, produktivnost, sposobnost obnavljanja, vitalnost i potencijal da bi šume ispunile sada i u budućnosti bitne gospodarske, ekološke i socijalne funkcije. Sve nabrojeno svakodnevno zaoštrava uvjete poslovanja u šumarstvu, a menadžmentu organizacijskih jedinica nalaže stalne analize svih relevantnih pokazatelja uspješnosti poslovanja. Pritom su redovito naglasci na ulaznim resursima, troškovima i rezultatima šumarske proizvodnje. U takvim se okolnostima od velike važnosti metode i tehnike koje mogu pridonijeti pouzdanijemu planiranju i objektivnijemu odlučivanju s jedne strane, te modeli objektivne analize i ocjenjivanja uspješnosti poslovanja s druge strane.

Ocjenjivanje uspješnosti poslovanja u šumarstvu u Hrvatskoj uglavnom se temelji na ocjeni dosega u ispunjavanju općih ciljeva gospodarenja državnim šumama poduzeća Hrvatske šume d.o.o. Zagreb, odnosno na rezultatima standardiziranih financij-

skih pokazatelja poslovanja toga poduzeća i njegovih podružnica. Pritom često razlike u uspješnosti organizacijskih cjelina u sustavu ostaju neobjašnjene, a objektivno različiti uvjeti poslovanja neprepoznati i neuvaženi. Jednako je tako na razini uprava šuma podružnica i na razini osnovnih organizacijskih jedinica – šumarija. I dok se za najširu javnost takvo ocjenjivanje poslovanja može činiti dovoljnim, s pozicije složenosti današnjega poslovnoga okruženja i imperativa stalnoga povećanja uspješnosti poslovanja nužno je korištenje novih modela i preciznijih metoda.

Mogućnost primjene analize omeđivanja podataka (AOMP) kao metode za ocjenu uspješnosti organizacijskih cjelina u šumarstvu, osim što predstavlja relativnu metodološku novinu u šumarstvu, opravdava se njezinom pogodnošću za procjenu učinkovitosti većega broja proizvodnih jedinica. Dok su tipični statistički pristupi karakterizirani kao pristupi glavne tendencije koji procjenu izvode u odnosu na prosječnu proizvodnu jedinicu, AOMP je metoda ekstremne točke koja uspoređuje svaku proizvodnu jedinicu samo s onom najboljom. Središte analize leži u pronalaženju »najbolje« virtualne proizvodne

jedinice za svaku realnu jedinicu. Ako je virtualna jedinica bolja od originalne, tada je ova neuspješna.

Imajući na umu navedeno, u radu ćemo predstaviti analizu omeđivanja podataka kao neparametarski model vrednovanja uspješnosti poslovanja u šumarstvu i prikazati mogućnosti primjene takve metode za podršku u planiranju i odlučivanju u gospodarenju šumama.

## 2. Potreba za mjerenjem uspješnosti – *The need to measure efficacy*

Određivanje uspješnosti postalo je veoma bitno u mnogim područjima ljudskoga djelovanja. Posebice je zanimljiv pristup tomu problemu kada nisu dani očiti parametri uspješnosti i kada se mjeri uspješnost korištenja više različitih resursa/inputa za ostvarivanje više različitih outputa. Pri takvu mjerenju uspješnosti uvijek nas zanima dostignuti stupanj uspješnosti pojedinih organizacija, ustanova, proizvodnih jedinica i dr. u odnosu na ostale koji djeluju u sličnim uvjetima. Uspoređivani su objekti pritom dani podacima o resursima/inputima koje koriste, te podacima o outputima koje ostvaruju.

Poslovanje u šumarstvu, a osobito šumske operacije u prošlosti učestalo su ocjenjivane na temelju zdravoga razuma ili prošlih iskustava. Dok u nekim slučajevima takav pristup može biti dovoljan, složenost je današnjega sustava takva da se preciznije metode moraju primijeniti kada su potrebna točna mjerenja.

Ukupni trošak po jedinici proizvodnje dugo je bio najčešća, jednim čimbenikom iskazana mjera efikasnosti u šumarstvu. Ocjena radnih jedinica je tako tradicionalno temeljena na njihovoj sposobnosti pridobivanja drva uza što manje troškove. Značajne razlike u troškovima između pojedinih jedinica pritom su često pripisivane fizičkim uvjetima, kao što su vrste drveća, svojstva tla, vremenski uvjeti i dr. Iako ne postoji sumnja da navedeni čimbenici pridonose varijabilnosti proizvodnih troškova, područja kao menadžerske vještine, upravljanje ljudskim resursima, upravljačke strategije i dr. uglavnom su bile zanemarene. Šumarski je sektor prilično trom u pogledu promjene kriterija vrednovanja i brzine usvajanja novih/boljih pokazatelja uspješnosti i produktivnosti organizacijskih jedinica državnoga šumarstva. Općenito se smatra da je kriterij troška po toni pridobivenoga drva pokazatelj koji je široko korišten u usporedbi različitih jedinica, u najmanju ruku nepotpuna mjera uspješnosti poslovanja i proizvodnje.

Nadalje, u šumarstvu se posljednjih desetljeća naglašeno razmatra višestruka uporaba i općekorisne funkcije šuma kao temeljna postavka gospodarenja šumama. Višestruke koristi i brojne dobrobiti koje

pruža šuma kao i netržišna priroda dijela takvih proizvoda čine mjerenje uspješnosti poslovanja u šumarstvu osobito zahtjevnim. Konvencionalne ekonomske metode određivanja uspješnosti, kao što su analiza troškova i koristi, interna stopa povrata i dr., u takvim je uvjetima prilično teško primijeniti.

### 2.1 Efikasnost i mogućnost određivanja relativne efikasnosti – *Efficiency and possibility to measure relative efficiency*

U analizi poslovanja računaju se neki pokazatelji na temelju kojih se rade analize i usporedbe uspješnosti poslovanja (pokazatelji likvidnosti, profitabilnosti, ekonomičnosti i dr.). Međutim, ti pokazatelji prilikom izračuna uzimaju u obzir samo neke od računovodstvenih stavki pa predstavljaju parcijalne pokazatelje uspješnosti poslovanja. Pritom višekriterijskom analizom parcijalnih pokazatelja nije moguće identificirati jedinice koje najbolje posluju jer je malo vjerojatno da jedna od jedinica ima najbolje sve promatrane jednostavne pokazatelje.

Ako se želi izračunati pokazatelj poslovanja koji će predstavljati efikasnost organizacijske jedinice u šumarstvu, u omjer se stavlja output i input. Ako se želi izračunati mjera efikasnosti koja će razmatrati više inputa i više outputa, potrebno je napraviti odabir inputa i outputa koji će se uzeti u izračun i potrebno je inputima i outputima pridružiti određene težine kako bi se mogla odrediti jedinstvena mjera efikasnosti za svaku organizacijsku jedinicu.

Apsolutnu mjeru efikasnosti moguće je odrediti kada se ima eksplicitno definirana veza između inputa i outputa, odnosno kada se zna pridruživanje koje svakoj kombinaciji inputa pridružuje skup mogućih outputa. Ako je ta veza poznata, moguće je iz odnosa stvarno dostignutih i teoretski ostvarivih outputa pojedinih jedinica odrediti njihovu apsolutnu efikasnost.

Koncept se relativne efikasnosti koristi u slučaju kada nije moguće definirati teorijski moguću razinu efikasnosti pa se promatrane jedinice uspoređuju s onima koje, uz dano stanje proizvodne tehnologije, posluju najbolje.

Metodologija AOMP ne zahtijeva da se unaprijed odrede težine inputa i outputa, a ne traži ni poznavanje eksplicitne veze između inputa i outputa. Na temelju poznatih empirijskih podataka o razini inputa i outputa AOMP za svaku jedinicu računa njezinu relativnu efikasnost u odnosu na ostale jedinice. Promatrana jedinica dostiže 100 %-tnu relativnu efikasnost ako i samo ako u usporedbi s drugim jedinicama ne pokazuje neefikasnost u korištenju bilo kojega inputa ili outputa. Naime, za neku se jedinicu kaže da je relativno efikasna ako:

- ⇒ 1. ne može povećati ni jedan od svojih outputa bez:
- a) povećanja nekoga od svojih inputa ili
  - b) smanjenja nekoga od svojih preostalih outputa
- ⇒ 2. ne može smanjiti ni jedan od svojih inputa bez:
- a) povećanja nekoga od svojih inputa ili
  - b) povećanja nekoga od svojih preostalih inputa.

### 3. Općenito o analizi omeđivanja podataka – *Generally about data envelopment analysis*

Priča o AOMP-u počinje s doktorskom disertacijom Edwarda Rhodesa, koji je pokušao ocijeniti obrazovni program javnih škola u Texasu u SAD-u. U to je vrijeme bio izazov procijeniti relativnu efikasnost škola s više inputa i outputa, a bez uobičajenih informacija o cijenama i troškovima. Kao rezultat dobivena je formulacija modela CCR<sup>1</sup> i u *European Journal of Operational Research* 1978. godine objavljen je prvi rad u kojem je primijenjen AOMP.

AOMP je prvotno razvijen kao alat za mjerenje efikasnosti organizacija koje rade na neprofitnoj osnovi (javnih škola i bolnica, vojnih ustanova), gdje nije moguće na osnovi vrijednosti njihovih inputa i outputa odrediti efikasnost. Poslije je našao primjenu i u profitnim organizacijama (poduzeća, banke), a o njezinu razvoju svjedoči preko 3000 radova objavljenih do 2001. godine.

Danas se na primjenu AOMP-a nailazi u mnogim područjima, npr. obrazovanju (javne škole i sveučilišta), zdravstvu (bolnice, klinike, domovi zdravlja), bankarstvu, sportu, istraživanju tržišta, poljoprivredi, maloprodaji, transportu, hotelijerstvu, graditeljstvu itd. Bibliografija analize omeđivanja podataka koja je objavljena 1994. godine (Charnes i dr. 1994) bilježi 472 rada koja su objavljena u razdoblju 1978 – 1992. godine. Bibliografija iz 2002. godine (Tavares 2002) navodi 3203 rada u razdoblju 1978 – 2001. godine. Takav broj radova govori o velikom značenju i interesu za metodologiju AOMP i njezinu primjenu.

Razlozi za nagli rast vjerojatno se nalaze u činjenici da je metodologija interdisciplinarno primijenji-

va, a također je pogodna i u slučajevima kada ostali pristupi ne daju zadovoljavajuće rezultate zbog kompleksne ili nepoznate prirode veza između višestrukih inputa i outputa.

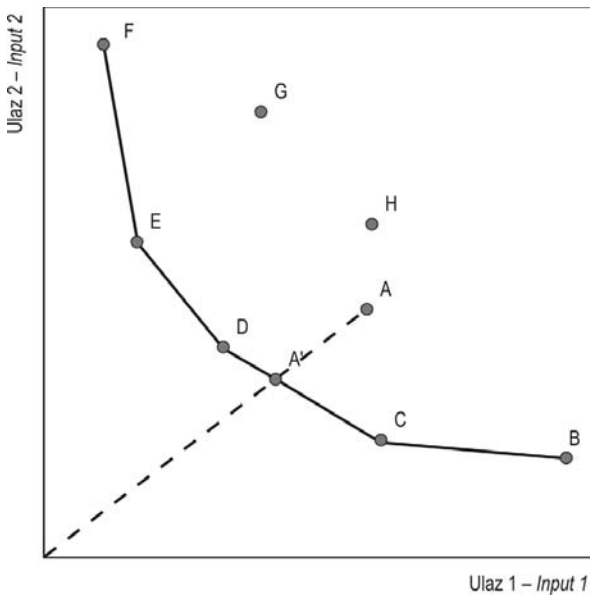
Posljednjih je godina analiza omeđivanja podataka postala središnja tehnika u analizama produktivnosti i efikasnosti, korištena pri uspoređivanju organizacija (Sheldon 2003), tvrtki (Galanopoulos i dr. 2006) te regija i zemalja (Vennesland 2005). U određivanju efikasnosti poslovanja primijenjena je u bankarstvu (Davosir 2006), poljoprivredi (Bahovec i Neralić 2001), drvnoj industriji (Diaz-Balteiro i dr. 2006), školstvu (Glass i dr. 1999) i dr.

#### 3.1 Matematičko-statističke osnove AOMP-a – *Mathematical and statistical basics of DEA*

Analiza omeđivanja podataka (engl. *Data Envelopment Analysis, DEA*) deterministička je, neparame-tarska metodologija određivanja relativne efikasnosti usporedivih jedinica/donositelja odluke s obzirom na sličnu tehnologiju rada i obavljanje sličnih zadataka. Donositelji su odluke (od engl. *Decision Making Unit, DMU*) bilo koje proizvodne ili neproizvodne jedinice koje imaju iste inpute i iste outpute, a međusobno se razlikuju prema razini resursa kojima raspolažu i razinama aktivnosti unutar procesa transformacije. AOMP mjeri relativnu efikasnost jedinica konstruiranjem empirijske granice efikasnosti ili granice proizvodnih mogućnosti (ovaj se termin koristi iako može biti riječ o analizi neproizvodnoga sektora) na temelju podataka o korištenim inputima i ostvarenim outputima svih jedinica. Najuspješnije jedinice (engl. *best practice units*), one koje određuju granicu efikasnosti, dobivaju ocjenu »1«, a stupanj tehničke neefikasnosti ostalih jedinica računa se na osnovi udaljenosti njihova omjera input-output u odnosu na granicu efikasnosti (slika 1).

Za svaku jedinicu rješava se poseban problem linearnoga programiranja i određuje maksimalna efikasnost u odnosu na druge jedinice u referentnom skupu. Relativna efikasnost određene jedinice računa se kao omjer težinske sume outputa i težinske sume inputa. Težine outputa i težine inputa za svaku jedinicu određuju se tako da njezina mjera efikasnosti bude maksimalna, uz ograničenje da rezultat relativne efikasnosti ne može biti veći od jedan (»1«). Tako definiran model maksimizira rezultat relativne

<sup>1</sup> Danas je u primjeni mnogo modela AOMP-a koji se razlikuju s obzirom na izbor prinosa i s obzirom na opseg djelovanja (modeli koji pretpostavljaju konstantne i modeli koji pretpostavljaju varijabilne prinose), izbor geometrije granice skupa proizvodnih mogućnosti (po dijelovima linearna, log-linearna ili Cobb-Douglasova granica efikasnosti), izbor putanje projekcije neefikasnih jedinica na granicu efikasnosti (modeli usmjereni na smanjenje inputa i modeli usmjereni na povećanje outputa). Model CCR (po Charnes, Cooper i Rhodes) jedan je od osnovnih i najčešće primjenjivanih modela.



**Slika 1.** Grafički prikaz granice efikasnosti u modelu AOMP-a (primjer s 2 inputa)

**Fig. 1** Graphical description of efficiency frontier in DEA model (two-input example)

efikasnosti svake jedinice s tim da skup težina koji se dobije mora biti moguć i ostvariv i za svaku drugu jedinicu u promatranom skupu. Dakle, određuje se najbolja moguća ostvariva granica proizvodnih mogućnosti, odnosno maksimalni output za svaku jedinicu uz danu razinu njezinih inputa.

AOMP se temelji na ekstremnim vrijednostima i svaku proizvodnu jedinicu uspoređuje samo s onim najboljima. Osnovna je pretpostavka pritom da ako određena jedinica može s  $X$  ulaznih resursa proizvesti  $Y$  izlaznih proizvoda, isto bi trebale moći učiniti i ostale jedinice ako rade učinkovito. Središte analize leži u pronalaženju »najbolje« virtualne proizvodne jedinice za svaku realnu jedinicu. Ako je virtualna jedinica bolja od originalne bilo da postiže više outputa s istim inputima ili da ostvaruje iste outpute s manje inputa od stvarne, tada je ova neefikasna.

U sljedećem ćemo poglavlju na jednostavnom primjeru pokušati objasniti teorijske osnove na kojima počiva analiza omeđivanja podataka. Prvo ćemo numeričkim primjerom prikazati matematičke pretpostavke i postupke nužne u različitim modelima AOMP-a. Drugo, grafičkim prikazom istoga primjera opisat ćemo koncept omeđivanja i udaljenosti podataka.

### 3.2 Jednostavan numerički primjer – Simple numerical example

Jednostavan numerički primjer može predočiti što zapravo radi AOMP. Uzmimo primjer tri igrača bejzbola, udarača A, B i C (donositelji odluke) sa sljedećom statistikom udaranja. Igrač A je dobar u

udarcima za osvajanje jedne baze (*single strike*), igrač C je dobar u udarcima za osvajanje svih baza – optrčavanje (*home run*). Igrač B je negdje između.

⇒ Igrač A: u 100 udaraca – 40 udaraca za osvajanje jedne baze, 0 optrčavanja,

⇒ Igrač B: u 100 udaraca – 20 udaraca za osvajanje jedne baze, 5 optrčavanja,

⇒ Igrač C: u 100 udaraca – 10 udaraca za osvajanje jedne baze, 20 optrčavanja.

Kao analitičari koji primjenjuju AOMP kombiniramo dijelove različitih igrača. Što se tiče igrača A, očito je da nikakva kombinacija igrača B i C ne može postići 40 udaraca za osvajanje jedne baze, uz ograničenje od samo 100 udaraca. Dakle, igrač A je efikasan u udarcima za osvajanje jedne baze.

Analiziramo dalje igrača B i pritom pokušamo zamisliti pola-pola kombinaciju igrača A i C. To znači da je  $\lambda = [0,5; 0,5]$ . Virtualni output vektor je tada:

$$\lambda Y = [0,5 * 40 + 0,5 * 10; 0,5 * 0 + 0,5 * 20] = [25; 10].$$

$\lambda Y > Y = [20; 5]$  znači da je igrač B neefikasan, odnosno da je moguće umanjiti inpute  $X$  (broj udaraca) i proizvesti virtualni output vektor koji je najmanje jednak ili bolji od originalnoga outputa. Takav faktor umanjivanja omogućava da odredimo razinu efikasnosti toga igrača. Odnos 50–50 % igrača A i C pritom ne mora nužno biti optimalni virtualni igrač. Efikasnost se tada može izračunati odgovarajućim linearnim programom.

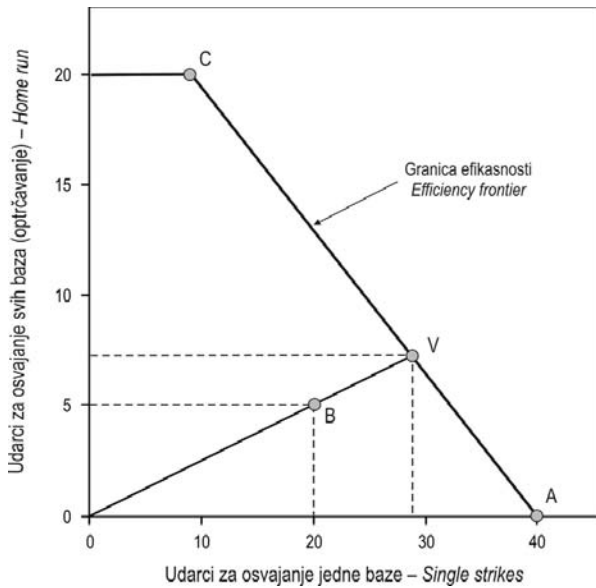
Za igrača C je vidljivo da je efikasan jer nijedna kombinacija igrača A i B ne može dati ukupno 20 optrčavanja u samo 100 udaraca.

### 3.3 Grafički pristup AOMP-u – Graphical approach to DEA

Slučajeve s jednim inputom i dva outputa lako je analizirati grafički. Prethodni numerički primjer grafički je riješen na slici 2.

Ako pretpostavimo da su dopuštene konveksne kombinacije igrača, onda segment linije koji spaja igrača A i C pokazuje mogućnosti formiranja virtualnih outputa na temelju tih dvaju igrača. Jednaki se segmenti mogu povući između A i B te B i C. Budući segment AC leži iznad segmenata AB i BC, to znači da će konveksna kombinacija A i C dati najviše outputa za danu razinu inputa. Ta se linija naziva granicom efikasnosti. Granica efikasnosti definira maksimalne kombinacije outputa koje se mogu dobiti uz dane inpute.

Budući da se igrač B nalazi ispod efikasne granice, on je nefikasan. Njegova se efikasnost može utvrditi uspoređivanjem s virtualnim igračem formiranim od A i C. Virtualni igrač, nazovimo ga  $V$ , otprilike je 64 % igrača C i 36 % igrača A.



**Slika 2.** Grafički prikaz rješenja AOMP-a za igrača B (izvor: [www.etm.pdx.edu/dea/homedeal](http://www.etm.pdx.edu/dea/homedeal))

**Fig. 2** Graphical example of DEA for player B (source: [www.etm.pdx.edu/dea/homedeal](http://www.etm.pdx.edu/dea/homedeal))

Efikasnost igrača B se izračunava traženjem dijela inputa koje bi igrač V trebao za postizanje jednakih outputa kao igrač B. To je jednostavno odrediti pomoću linije od ishodišta O do točke V. Efikasnost igrača B je  $OB/OV$ , što otprilike iznosi 68 %. Slika 2 također pokazuje da su igrači A i C efikasni jer leže na granici efikasnosti.

#### 4. Tradicionalne tehnike mjerenja efikasnosti i AOMP – Traditional techniques to measure efficiency and DEA

Parametarski bi se pristupi (statistička regresijska analiza, metodologija stohastičkih granica) mogli ubrojiti u tradicionalne tehnike mjerenja efikasnosti (LeBel 1996). U nastavku ćemo kratko prikazati odnos takvih tradicionalnih metoda prema AOMP-u i njihovu primjerenost za ocjenu uspješnosti u šumarstvu.

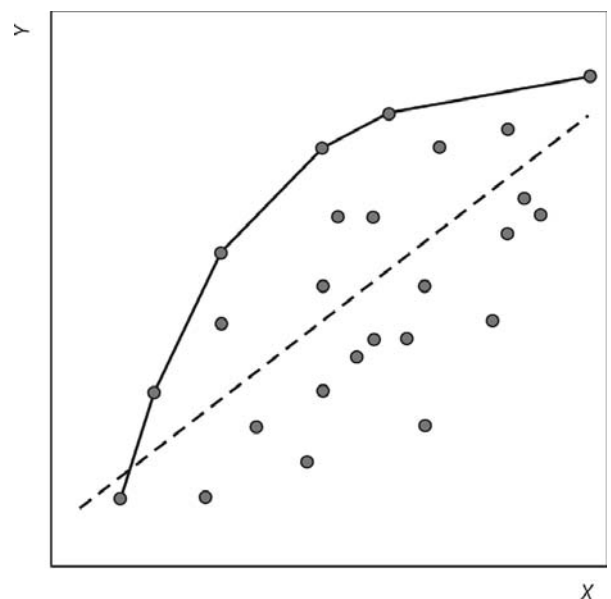
Analiza omeđivanja podataka i regresijska analiza dva su različita pristupa za analizu podataka. Postupci regresijske analize, kada se primijene za određivanje efikasnosti, obično se nazivaju »prosječnim metodama« jer na osnovi nezavisnih varijabli procjenjuju prosječne vrijednosti zavisnih varijabli. Procijenjeni prosječni parametri standard su na temelju kojega se zatim računa efikasnost.

U ekonometrijskom linearnom modelu višestruke regresije cilj je iz podataka konstruirati regresijsku hiperravninu, dok AOMP ima za cilj iz podataka konstruirati granicu određenu skupom efikasnih jedinica. Regresijska se analiza temelji na procjeni pa-

rametara i jednoj optimizaciji za mističnu prosječnu jedinicu (točke na regresijskoj hiperravnini) opisujući njezino ponašanje. Pritom zahtijeva nametanje specifičnoga funkcionalnoga oblika koji povezuje zavisne i nezavisne varijable (npr. regresijska jednačnja, proizvodna funkcija...) i pretpostavke o distribuciji članova greške. AOMP je oslobođen tereta takvih pretpostavki (Petrov 2002).

Rezultati su regresijske analize transparentni, pružaju pouzdane informacije i mogu se lako predočiti menadžmentu. Međutim, dok regresijska analiza optimizira kroz sve promatrane jedinice, AOMP za svaku jedinicu rješava problem linearnoga programiranja, što znači da se fokusira na individualna opažanja. Stoga se regresijska analiza koristi kada nas zanimaju opća obilježja svih jedinica, a AOMP kada se promatra pojedina jedinica u usporedbi s ostalim jedinicama koje koriste iste inpute i iste outpute.

Regresijska analiza odražava »prosječno« ponašanje promatranih jedinica, dok se AOMP koncentri- ra na najbolje jedinice i određuje efikasnost pojedine jedinice u odnosu na ostale (najbolje) jedinice u promatranom skupu. Iz toga proizlaze i različiti pristupi poboljšanju poslovanja. AOMP identificira najbolju jedinicu koja služi kao referentna vrijednosti (engl. *benchmark*) koja se koristi za poboljšanje poslovanja ostalih jedinica. Statistički pristup regresijskom analizom traži prosječno poslovanje, na temelju poslovanja svih uspoređivanih jedinica uključujući i one koje najlošije posluje, kao osnovu za traženje poboljšanja poslovanja. Usporedba AOMP-a i regresijske analize ilustrirana je slikom 3.



**Slika 3.** Usporedba AOMP-a i regresijske analize  
**Fig. 3** Comparison of DEA and regression analysis

Nadalje, pristup stohastičkih granica nije dovoljno dobro razvijen u slučaju više outputa. Napomenimo da do sada nije pronađen funkcionalni oblik koji bi dovoljno dobro opisao višeznačno preslikavanje proizvodne tehnologije u slučaju više od dva outputa (Petrov 2002). AOMP može obraditi slučajeve višestrukih inputa/outputa relativno jednostavnim matematičkim postupcima i pri tome omogućiti uočavanje uzroka i dosega neefikasnosti.

Prednost u odnosu na tradicionalne tehnike jest i to što AOMP za izabrane inpute i outpute pretpostavlja da među njima postoji veza, ali ne traži poznavanje analitičke forme te veze. Nedostatak je ove metodologije u odnosu na regresijsku analizu u tome što je osjetljiva na ekstremna opažanja i slučajne pogreške. Naime, osnovna je pretpostavka metodologije da slučajne pogreške ne postoje i da sva odstupanja od efikasne granice predstavljaju neefikasnost.

### 5. Prethodna primjena AOMP-a u šumarstvu – *Previous application of DEA in forestry*

U šumarstvu je AOMP prvi put primijenio Rhodes (1986). Međutim, broj radova temeljenih na mjerenju efikasnosti neparametarskim tehnikama, kakav je AOMP, u šumarskoj je literaturi još uvijek vrlo ograničen. U nastavku su navedeni neki primjeri primjene AOMP-a u šumarstvu.

LeBel (1996) primjenom analize omeđivanja podataka ocjenjuje poslovanje i tehničku efikasnost uslužnih izvođača šumskih radova na jugu SAD-a. Usporedbom 23 potpuno mehanizirana šumarska poduzetnika i efikasnosti s kojom inpute (vrijednost kapitala, potrošnih dobara i radne snage) pretvaraju u outpute (tone pridobivenoga i isporučenoga drva), nastoji objasniti uzroke razlika u poslovanju pojedinih uslužnika.

Kao (1998) analizira državne šume na Tajvanu organizirane u osam okruga s 24 niže jedinice (radni krugovi). U određivanju relativne efikasnosti šumskih okruga za outpute uzima proizvodnju drva, očuvanje i zaštitu zemljišta te rekreativnu ulogu šume iskazanu brojem posjetitelja. Inputima pritom smatra površinu zemljišta, broj zaposlenika, troškove poslovanja i drvenu zalihu.

Isti autor 2000. godine metodom AOMP mjeri uspješnost reorganizacije šumskih okruga na Tajvanu. Pritom, isti okrug u dvije udaljene vremenske točke promatra kao dva entiteta, a odnos rezultata efikasnosti pojedinoga okruga koristi kao mjeru unapređenja efikasnosti.

Viitala i Hanninen (1998) u okviru određivanja razine efikasnosti javnih šumskih organizacija uspoređuju 19 regionalnih šumskih odbora koje financira država. Primjenom AOMP-a utvrđuju značajne

razlike u efikasnosti pojedinih odbora i ističu mogućnost uštede inputa i do 20 %.

Zhang (2002) neparametarskim pristupom istražuje utjecaj ekonomske reforme na efikasnost uzgajanja šuma. Analizom podataka prije ekonomske reforme u kineskim državnim šumama i podataka iz tranzicijskoga razdoblja pokazuje da se efikasnost povećala za prosječno 25 %. Kao glavne izvore unapređenja stanja navodi smanjenje administrativnih troškova i veće zalaganje radnika.

Bogetoft i dr. (2003) u Danskoj razmatraju male privatne šume/šumovlasnike povezane područnim uredima šumarske savjetodavne službe. U članku ocjenjuju efikasnost područnih ureda i metodom AOMP procjenjuju moguće dobiti od potencijalnoga udruživanja više ureda i okrupnjavanja područja gospodarenja šumama.

Hailu i Veeman (2003) analiziraju tehničku efikasnost, tehničke promjene i rast produktivnosti šumarske proizvodnje za šest sjevernih provincija u Kanadi. Istraživanjima šumskogospodarskih aktivnosti utvrđuju značajne razlike u efikasnosti promatranih regija. Nalazi dobiveni AOMP-om pritom pokazuju pozitivan utjecaj gustoće šuma i udjela bjelogorice na efikasnost šumske industrije.

Lee (2005) rangira, prema tehničkoj efikasnosti, 79 tvrtki šumarske i papirne industrije. Pritom razinu efikasnosti određuje metodologijom stohastičkih granica i metodom AOMP te uspoređuje dobivene rezultate. Iako utvrđuje da razlike u rezultatima postoje, Lee nalazi da su najbolje i najlošije tvrtke prema objema metodama jednako rangirane.

Marinescu i dr. (2005) koriste AOMP u razvoju i uspostavi modela alokacije drveta. Na temelju dvaju kriterija – profita i zaposlenosti, postavljeni model AOMP-a šumske sastojine raspoređuje različitim šumskim poduzećima. Usporedba sa slučajnom alokacijom, alokacijom prema profitu i onom prema zaposlenosti pokazala je da model AOMP-a može dati praktična rješenja i da može uskladiti postavljena dva alokacijska kriterija.

Salehirad i Sowlati (2005) primijenili su analizu omeđivanja podataka za ocjenu poslovanja u primarnoj proizvodnji drva Britanske Kolumbije. Različitim modelima AOMP-a procijenili su efikasnost pilana koristeći potrošnju trupaca i uloženi rad kao inpute, a proizvodnju drvne građe i iverja kao outpute.

Vennesland (2005) mjeri ruralni ekonomski razvoj u Norveškoj. Primjenom analize omeđivanja podataka nastoji ocijeniti uspješnost državnih strategija za podršku ruralnoga razvoja u poticanju stanovništva na uključivanje u projekte vezane uz šumarstvo.

Diaz-Balteiro i dr. (2006) primjenom metode AOMP nastoje utvrditi vezu između produktivnosti i inovacija u drvnoj industriji Španjolske. Analiziranjem po-

slovanja više poduzeća drvne industrije zaključuju da ne postoji značajna veza između efikasnosti pojedinih tvrtki i njihovih inovacijskih aktivnosti, što objašnjava zanemarivanjem razvoja i istraživanja kao sredstva postizanja uspješnosti i konkurentnosti.

U našoj zemlji postoji nekoliko autora koji su metodologiju analize omeđivanja podataka primjenjivali u različitim područjima. U spomenutoj bibliografiji (Tavares 2002) navodi se 20 radova hrvatskih autora. Tako su relativnu efikasnost financijskih institucija u Republici Hrvatskoj određivali Neralić (1996), Jemrić i Vujičić (2002), Davosir-Pongrac (2006). Na primjerima određivanja relativne efikasnosti u trgovini AOMP su primijenili Petrov (2002) i Šegota (2003). Hunjet (1998) piše o efikasnosti poslovnih sredstva hrvatske industrije po regijama, a Bahovec i Neralić (2001) daju procjenu efikasnosti poljoprivredne proizvodnje u Hrvatskoj. Šporčić i dr. (2006, 2007) na primjeru prijevoza drva kamionskim skupovima ilustriraju mogućnosti primjene AOMP-a u šumarstvu te ocjenjuju relativnu efikasnost radnih jedinica mehanizacije Hrvatskih šuma d.o.o. Zagreb. Šporčić (2007) primjenom AOMP-a ocjenjuje uspješnost poslovanja 48 šumarija kao predstavnika odabranih uprava šuma podružnica, odnosno četiriju glavnih regija u hrvatskom šumarstvu.

## 6. Prednosti i nedostaci – *Advantages and limitations*

Jedan je od glavnih nedostataka AOMP-a slaba moć razlučivanja (ne)efikasnih jedinica u gornjem rasponu efikasnosti. Naime, broj se jedinstveno efikasnih jedinica povećava s brojem input i output varijabli. Zadržavanje broja opažanja znatno većim od broja varijabli ( $n \gg m+t$ ) nije uvijek dovoljno za »oštrije« razlučivanje efikasnosti. Razlog tomu djelomice leži u opisanoj fleksibilnosti metode u određivanju težina inputa i outputa. Radi prevladavanja toga problema razvijeno je više različitih modela: *Cone-Ratio Method*, *Assurance Region Method* i *Proportion-based Weights* (Cooper i dr. 2003).

Sljedeće je ograničenje u cjelokupnoj kompleksnosti metode. Budući standardna formulacija AOMP-a računa poseban linearni program za svaku uspoređivanu jedinicu, opsežne usporedbe mogu biti računski intenzivne i stoga se model može činiti prilično složenim, odnosno manje privlačnim.

Nadalje, ova je metoda dobra u procjeni »relativne« efikasnosti, ali se vrlo sporo proteže u apsolutnu efikasnost. Drugim riječima, analiza pokazuje koliko je određena organizacijska jedinica uspješna u usporedbi s ostalim jedinicama, ali ne i koliko je dobra u usporedbi s »teoretskim maksimumom«.

Jedna od prednosti AOMP-a je u usporedbi jedinica s višestrukim inputima i outputima pri čemu

oni mogu biti iskazani u različitim jedinicama mjere. Zatim, za izabrane inpute i outpute pretpostavlja se da postoji veza među njima, ali ne treba znati eksplícitan oblik te veze. Omogućena je izravna usporedba određene jedinice s ostalim jedinicama ili kombinacijom jedinica slične tehnologije rada i sličnih zadataka. Korištenjem najboljih jedinica kao referentnih vrijednosti neefikasnim se ukazuje koje su promjene u resursima potrebne da unaprijede svoje poslovanje.

Šumarskim stručnjacima, menadžerima i istraživačima rješenja relativne efikasnosti mogu biti zanimljiva zbog tri svojstva metode AOMP:

- ⇒ karakterizacija svake organizacijske jedinice jednim rezultatom relativne efikasnosti,
- ⇒ poboljšanja koja model predlaže neefikasnim jedinicama temeljena su na ostvarenim rezultatima organizacijskih jedinica koje posluju efikasno,
- ⇒ promatranje problema s AOMP-om alternativni je i neizravni pristup specificiranju apstraktnih statističkih modela i donošenju zaključaka temeljenih na rezidualnoj analizi ili analizi s koeficijentima (parametrima).

Na taj način analiza omeđivanja podataka sa svojim karakteristikama može u šumarstvu postati novo oruđe menadžmenta za analizu efikasnosti poslovanja koje omogućuje novi pristup organizaciji i analizi podataka, analizi troškova i koristi, procjeni granice i teoriji učenja od najuspješnijih.

## 7. Umjesto zaključaka – *Instead of conclusions*

U ovom vrlo dinamičnom razdoblju gospodarenja prirodnim resursima kada se šumarski stručnjaci suočavaju s izazovom stručnoga i odgovornoga upravljanja šumama i šumskim zemljištem uz istodobne zahtjeve za očuvanjem njihovih ekoloških, socijalnih i gospodarskih funkcija te za profitabilnim poslovanjem šumarskih tvrtki, menadžerima su potrebni različiti modeli kojima se računovodstveni i financijski podaci pretvaraju u upotrebljive informacije. U izradi modela i analizi rezultata težimo obuhvatiti što više relevantnih podataka. Međutim, ne postoji analiza koja može obuhvatiti cjelokupno poslovanje organizacijskih jedinica u šumarstvu.

Organizacijske jedinice u šumarstvu, osim gotovih »proizvoda« (obujam posječenoga i izrađenoga drva, duljine izgrađenih šumskih cesta, obnovljene šumske površine i dr.), gospodarenjem šumama osiguravaju i niz usluga i općekorisnih funkcija koje šume pružaju korisnicima. Upravo zbog toga je efikasnost jedinica u šumarstvu teže ocijeniti od efikasnosti jedinica koje se bave jednostavnom robnom

proizvodnjom. Naime, teško je kvantitativno odrediti koje su količine resursa potrebne za »proizvodnju« određene količine takvih usluga i općih koristi. Također je teško kvantitativno izraziti i samu količinu takvih outputa. Dakle, zajedničko je svim organizacijskim jedinicama u šumarstvu da se dio njihova outputa sastoji od usluga i općih koristi, od kojih je većinu teško materijalno iskazati. U analizama je te »nematerijalne« outpute potrebno na najbolji mogući način nadomjestiti drugim lakše dostupnim i mjerljivim zamjenskim varijablama. Isto je tako u analizi poslovanja potrebno koristiti više metodologija i modela koji zajedno cjelovitije opisuju poslovanje i koji daju bolje pokazatelje uspješnosti.

U ovom su radu, za ocjenu i usporedbu poslovanja, predstavljeni modeli analize omeđivanja podataka koji u razmatranje istodobno uzimaju više varijabli, tako da mogu dati obuhvatniju mjeru poslovanja organizacijskih cjelina u šumarstvu.

Analiza omeđivanja podataka kao tehnika mjerenja produktivnosti i efikasnosti doživjela je široku primjenu u mnogim područjima. Ipak, u području upravljanja obnovljivim prirodnim resursima još je uvijek nedovoljno prisutna. U šumarskoj literaturi postoji tek ograničeni broj radova temeljenih na određivanju efikasnosti neparаметarskim tehnikama kakav je AOMP, te one tek trebaju biti uvedene i prihvaćene u šumarstvu kao alat menadžmenta na strateškoj i operativnoj razini odlučivanja.

Usporedbom putem metode AOMP mogu se utvrditi objektivno mogući najveći dosezi za najvažnije prirodne i financijske segmente poslovanja i ukupno, ali i ukazati na resurse čije je korištenje, uvažavajući objektivne okolnosti, nedovoljno učinkovito. Osim toga ovakva metodologija omogućuje otkrivanje mjesta mogućih poboljšanja u poslovanju, ali i izvora neuspješnosti poslovanja. Na temelju prikaza dijela istraživanja provedenih metodom AOMP i prikazanih mogućnosti primjene smatra se da analiza omeđivanja podataka u šumarstvu, jednako kao u mnogim drugim poslovnim sustavima, može biti vrlo snažna podrška planiranju i odlučivanju.

Složenost današnjega poslovnoga okruženja, imperativ ekološke prihvatljivosti i poslovne uspješnosti uz istodobno održivo gospodarenje šumama, nalaže potrebu za modelom koji će pravilno procjenjivati troškove, usluge, koristi i ostale proizvodne informacije radi utvrđivanja efikasnosti poslovanja kao i identificiranja iznosa i izvora neefikasnosti u šumarstvu. Razvojem i primjenom analize omeđivanja podataka i drugih modela višekriterijskoga odlučivanja moguće je obogatiti šumarsku znanost i praksu pristupom koji bi trebao pridonijeti lakšem analiziranju, planiranju i predviđanju pri gospodarenju šumama.

## 8. Literatura – References

- Bahovec, V., L. Neralić, 2001: Relative efficiency of agricultural production in county districts of Croatia. *Mathematical Communications – Supplement*, 1: 111–119.
- Bogetoft, P., B. J. Thorsen, N. Strange, 2003: Efficiency and merger gains in the Danish Forestry Extension Service. *Forest Science*, 49 (4): 585–595.
- Charnes, A., W. W. Cooper, E. Rhodes, 1979: Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 3(4): 429–444.
- Charnes, A., W. Cooper, A. Lewin, L. Seiford, 1994: *Data envelopment analysis, theory, methodology and applications*. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Cooper, W. W., L. M. Seiford, K. Tone, 2003: *Data Envelopment Analysis – A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, Kluwer Academic Publishers, 318 str.
- Davosir Pongrac, D., 2006: Efikasnost osiguravajućih društava u Republici Hrvatskoj. Magistarski rad, Ekonomski fakultet, Zagreb, 139 str.
- Diaz-Balteiro, L., A. C. Herruzo, M. Martinez, J. González-Pachón, 2006: An analysis of productive efficiency and innovation activity using DEA: An application to Spain's wood-based industry. *Forest Policy and Economics*, 8(7): 762–773.
- Galanopoulos, K., S. Aggelopoulos, I. Kamenidou, K. Matas, 2006: Assessing the effects of managerial and production practices on the efficiency of commercial pig farming. *Agricultural Systems*, 88(2–3): 125–141.
- Glass, J. C., D. G. McKillop, G. O'Rourke, 1999: A cost indirect evaluation of productivity change in UK universities. *Journal of Productivity Analysis*, 10(2): 153–75.
- Hailu, A., T. S. Veeman, 2003: Comparative analysis of efficiency and productivity growth in Canadian regional boreal logging industries. *Canadian Journal of Forest Research*, 33(9): 1653–1660.
- Hunjet, D., 1998: Efikasnost poslovnih sredstava hrvatske industrije po regijama. Magistarski rad, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 98 str.
- Jemrić, I., B. Vujčić, 2002: Efficiency of banks in Croatia: a DEA approach. *Comparative Economic Studies*, vol. XLIV (2): 169–193.
- Kao, C., 1998: Measuring the efficiency of forest districts with multiple working circles. *Journal of the Operational Research Society*, 49(6): 583–590.
- Kao, C., 2000: Measuring the performance improvement of Taiwan forests after reorganization. *Forest Science*, 46(4): 577–584.
- LeBel, L. G., 1996: Performance and efficiency evaluation of logging contractors using Data envelopment analysis. Dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, 201 str.
- Lee, J. Y., 2005: Using DEA to measure efficiency in forest and paper companies. *Forest Products Journal*, 55(1): 58–66.
- Marinescu, M. V., T. Sowlati, T. C. Maness, 2005: The development of a timber allocation model using data envelopment analysis. *Canadian Journal of Forest Research*, 35(10): 2304–2315.



Neralić, L., 1996: O nekim primjenama analize omeđivanja podataka u bankarstvu. *Ekonomija*, 2(3): 493–521.

Petrov, T., 2002: Modeli analize omeđivanja podataka s primjenom u trgovini. Magistarski rad, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 163 str.

Rhodes, E., 1986: An explanatory analysis of variations in performance among U.S. national parks. In: Silkman, R. (ed.), *Measuring Efficiency: An Assessment of DEA*, str. 47–71.

Salehirad, N., T. Sowlati, 2005: Performance analysis of primary wood producers in British Columbia. *Canadian Journal of Forest Research*, 35(2): 285–294.

Sheldon, G. M., 2003: The efficiency of public employment services. A nonparametric matching function analysis for Switzerland. *Journal of Productivity Analysis*, 20(1): 49–70.

Šegota, A., 2003: Usporedna analiza efikasnosti prodajnih objekata u maloprodaji. Disertacija, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 99 str.

Šporčić, M., K. Šegotić, I. Martinić, 2006: Efikasnost prijevoza drva kamionskim skupovima određena analizom

omeđivanja podataka. *Glasnik za šumske pokuse*, pos. izdanje, 5: 679–691.

Šporčić, M., Martinić, I., Šegotić, K., 2007: Ocjena efikasnosti radnih jedinica u šumarstvu analizom omeđivanja podataka. *Nova meh. šumar.*, 28: 3–15.

Šporčić, M., 2007: Ocjena uspješnosti poslovanja organizacijskih cjelina u šumarstvu neparametarskim modelom. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 112 str.

Tavares, R., 2002: A bibliography of Data envelopment analysis (1978–2001). Ructor Research Report.

Vennesland, B., 2005: Measuring rural economic development in Norway using data envelopment analysis. *Forest Policy and Economics*, 7 (1): 109–119.

Viitala, E. J., H. Hanninen, 1998: Measuring the efficiency of public forestry organizations. *Forest Science*, 44(2): 298–307.

Zhang, Y. Q., 2002: The impacts of economic reform on the efficiency of silviculture: a nonparametric approach. *Environment & Development Economics*, 7(1): 107–122.

---

## Abstract

---

### Data Envelopment Analysis as the Efficiency Measurement Tool – Possibilities of Application in Forestry

*The paper describes the possibilities of Data Envelopment Analysis application in forestry and explains the importance of models and techniques which can contribute to easier analysis and planning in forest management. Data Envelopment Analysis (DEA) is a determining, non-parametric methodology for assessing relative efficiency of comparable decision making units with more inputs and outputs. The paper explains the concept of relative efficiency and describes mathematical and statistical basics of DEA. It compares traditional techniques for measuring efficiency to DEA, and describes the advantages and limitations of DEA methodology. The survey of a part of previously conducted investigations with the use of DEA gives the examples of possible applications of DEA in forestry. Based on the given examples, characteristics of DEA and described possibilities of use, it is concluded that the Data Envelopment Analysis in forestry, as well as in many other business systems, can be a very powerful support to planning and decision making.*

*Key words: forestry, business success, efficiency, Data Envelopment Analysis*

---

Adresa autorâ – Authors' addresses:

Doc. dr. sc. Mario Šporčić  
e-pošta: sporcic@sumfak.hr

Prof. dr. sc. Ivan Martinić  
e-pošta: martinic@sumfak.hr

Matija Landekić, dipl. ing. šum.  
e-pošta: mlandekic@sumfak.hr

Marko Lovrić, dipl. ing. šum.  
e-pošta: mlovric@sumfak.hr

Zavod za šumarske tehnike i tehnologije  
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
Svetošimunska 25  
HR-10 000 Zagreb

Primljeno (Received): 6. 10. 2008.  
Prihvaćeno (Accepted): 2. 12. 2008.