

**Pregledni članak**

UDK: 005.336.3:378(497.11)

005.311.12:519.852

doi: 10.5937/ekonhor1601071M

# INTEGRISANA PRIMENA METODA ANALITIČKOG HIJERARHIJSKOG PROCESA I ANALIZE OBAVIJANJA PODATAKA U VREDNOVANJU PERFORMANSI VISOKOG OBRAZOVANJA U REPUBLICI SRBIJI

Predrag Mimović\* i Ana Krstić

*Ekonomski fakultet Univerziteta u Kragujevcu*

Merenje i ocena uspešnosti u ostvarivanju rezultata, od ključnog su značaja za efektivno i efikasno funkcionisanje ekonomskih sistema, jer se na taj način prati u kojoj meri se ostvaruju definisani ciljevi. Organizacione performanse se mere različitim metodama, kvantitativnim i kvalitativnim. Mnogi od poznatih metoda za ocenu i merenje organizacionih performansi uzimaju u obzir samo finansijske, a zanemaruju nefinansijske pokazatelje. Integralno obuhvatanje jednih i drugih pokazatelja, kombinovanom primenom više metoda, kao i poređenje njihovih rezultata, treba da omogući potpuniju i objektivniju meru organizacione performanse. Analitički hijerarhijski proces (AHP) predstavlja formalan okvir za rešavanje kompleksnih problema višekriterijumskog odlučivanja, kao i sistemsku proceduru za hijerarhijsko prikazivanje elemenata nekog problema. Analiza obavljanja podataka (DEA) predstavlja neparametarski pristup baziran na linearnom programiranju, koji omogućuje izračunavanje efikasnosti jedinica odlučivanja u okviru grupe organizacija. Rad je ilustracija načina i okvira kombinovanog korišćenja metoda višekriterijumske analize, u vrednovanju performansi visokog obrazovanja u Republici Srbiji. Prednosti ovakvog pristupa ogledaju se u prevazilaženju nedostataka parcijalne primene AHP i DEA metoda korišćenjem novog, hibridnog DEAHP (Data Envelopment Analytic Hierarchy Process) metoda. Vrednovanje performansi, integrisanom primenom AHP i DEA metoda, daje objektivnije rezultate i pouzdanija rešenja posmatranog problema i na taj način stvara vrednu informacionu osnovu za donošenje kvalitetnih strategijskih odluka u visokom obrazovanju, na nacionalnom nivou i nivou pojedinačnih institucija.

**Ključne reči:** višekriterijumska analiza, analitički hijerarhijski proces, analiza obavljanja podataka, organizacione performanse, visoko obrazovanje

JEL Classification: C44, C61, D81, I23

## UVOD

Ocena organizacionih performansi je jedna od najvažnijih aktivnosti za sve menadžere i

stejkholdere. Kao alat koji im omogućuje da procene organizacione snage i slabosti, kao i kompetitivne prednosti u odnosu na konkurenciju, ocena organizacionih performansi stvara pretpostavke za definisanje smernica i izbor mera koje moraju biti preduzete u cilju prevazilaženja postojećih problema.

Organizacione performanse, generalno, su, po pravilu,

---

\* *Korespondencija:* P. Mimović, Ekonomski fakultet Univerziteta u Kragujevcu, Đ. Pucara 3, 34000 Kragujevac, Republika Srbija; e-mail: mimovicp@kg.ac.rs

višedimenzionalne i pod uticajem brojnih faktora, kao što su: finansijski faktori, kao indikator finansijske pozicije organizacije; strategijski faktori kvalitativne prirode, koji determinišu interne aktivnosti organizacije i njihovu povezanost s tržištem; ekonomski faktori koji uključuju poslovno okruženje, itd. Agregacija svih ovih faktora u kompozitnu, ukupnu meru performanse, je subjektivan i kompleksan proces koji zavisi od sistema vrednosti i sistema preferencija donosioca odluka u procesu odlučivanja. Izrada sistema za merenje performansi je, zbog toga, kompleksan zadatak; šta je to što se može smatrati optimalnim sistemom za merenje performansi, razlikovaće se od slučaja do slučaja (Tangen, 2005). Pri tome, važno je razumeti kako bi sistemi merenja učinka trebalo da se razvijaju i da se integrišu u modelima upravljanja organizacija. Ovakvi stavovi su konzistentni s bazičnom paradigmom višekriterijumskog procesa odlučivanja, što je kao posledicu imalo brojna istraživanja mogućnosti primene višekriterijumskog odlučivanja u procesu merenja i ocene organizacionih performansi (Aruldoss, Lakshmi & Venkatesan, 2013).

Kao posledica Bolonjskog procesa, internacionalizacije i uvođenja privatnih koledža i univerziteta, visokoobrazovne institucije su izložene sve većoj konkurenciji. Javlja se stalna potreba za poređenjem različitih obrazovnih institucija, kako bi oni koji žele da upišu fakultete mogli da se odluče za najbolji prema nekom od kriterijuma koje sagledavaju. Cilj rangiranja je da se uspostavi transparentnost i da na taj način informacije o univerzitetima budu korisne za više ciljnih grupa, kao što su đaci koji završavaju srednju školu, njihovi roditelji, univerzitetski profesori, univerzitetski menadžeri, ministarstva i poslodavci. Brojne studije pokazuju da rangovi univerziteta utiču na izbor fakulteta/univerziteta kod đaka koji završavaju školu. G. Saad (2001) navodi da analiza performansi omogućuje efektivnu i efikasnu alokaciju raspoloživih resursa. Ona, takođe, omogućuje planerima u visokom obrazovanju da identifikuju univerzitete s najvišim nivoom performansi.

Predmet istraživanja je merenje performansi visokoškolskih institucija u Republici Srbiji (RS). Iako je najavljivano, vrednovanje i rangiranje univerziteta i fakulteta u RS, formalno nije izvršeno, niti su precizirani kriterijumi i način na koji će se rangiranje

realizovati. U tom smislu, na primeru dvanaest fakulteta, sa četiri državna univerziteta u RS (Beograd, Novi Sad, Niš i Kragujevac), za akademsku 2013/2014 godinu, u radu je predlažen novi pristup, koji eliminiše proizvoljnost i pristrasnost za njihovu ocenu i rangiranje.

Cilj rada je da se integrisanom primenom određenih metoda višekriterijumskog odlučivanja unapredi proces vrednovanja performansi u visokom obrazovanju RS.

U skladu sa određenim predmetom i ciljem istraživanja, formulisana je sledeća hipoteza:

H: Primena hibridnog DEAHP (*Data Envelopment Analytic Hierachy Process*) metoda, kroz sinergijski efekat kombinovane primene AHP (*Analytic Hierarchy Process*) i DEA (*Data Envelopment Analysis*) metoda, definiše formalni, naučno utemeljen okvir za merenje i ocenu performansi u visokom obrazovanju, čime se stvaraju pretpostavke za njihovo objektivno i efikasno rangiranje.

Rad je strukturiran na sledeći način: najpre je dat kratak teorijski osvrt na problematiku i najznačajnije aspekte merenja organizacionih performansi. Zatim su, u pregledu literature, navedene najznačajnije reference koje tangiraju primenu AHP i DEA metoda u visokom obrazovanju, nakon čega su ukratko objašnjeni metodi korišćenii u radu - AHP, DEA i DEAHP. U poslednjem delu rada je na primeru merenja efikasnosti i rangiranja dvanaest izabranih fakulteta u RS, pokazano kako se kombinovanim korišćenjem ovih metoda dobija sveobuhvatna i objektivizirana ocena performansi posmatranih fakulteta.

## PREGLED LITERATURE

Višekriterijumska analiza se u praksi pokazala kao pogodan teorijsko-metodološki instrumentarijum za obuhvatanje i rešavanje brojnih problema odlučivanja, u kompanijama i u neprofitnim organizacijama. Raznovrsna priroda faktora koji utiču na proces odlučivanja, kompleksnost ekonomskog okruženja, subjektivna priroda mnogih odluka, su neke od

karakteristika finansijskih odluka, koje omogućuju primenu višekriterijumskog metodološkog okvira. Potreba istovremenog posmatranja više kriterijuma, koji uključuju lične preferencije donosioca odluka, važna je komponenta funkcije menadžmenta. Primena višekriterijumskog odlučivanja dopušta donosiocu odluka (menadžeru) da aktivno učestvuje u procesu donošenja odluka i pomaže mu u razumevanju i suočavanju s kompleksnošću i neizvesnošću kao karakteristikama poslovnog okruženja. To znači da njegova uloga nije svedena na pasivnu implementaciju optimalnog rešenja (ukoliko ono postoji) dobijenog iz primenjenog višekriterijumskog modela, već on aktivno učestvuje u procesu strukturiranja i modeliranja problema, kao i u analizi, interpretaciji i implementaciji dobijenih rezultata. Može se reći da višekriterijumsko odlučivanje obezbeđuje široku lepezu tehnika za sintezu više kriterijuma u problemima merenja performansi u cilju izbora, rangiranja, klasifikacije i opisivanja skupa alternativnih opcija, o čemu govore i brojne naučne i stručne reference.

Tehnike višekriterijumskog odlučivanja, kao što su Analitički hijerarhijski proces, Analitički mrežni proces, i druge, ekstenzivno su korišćene u merenju organizacionih performansi, kako samostalno, tako i u kombinaciji s drugim višekriterijumskim ili tradicionalnim pristupima.

Analitički hijerarhijski proces je primenjivan u brojnim istraživanjima koja se odnose na merenje performansi u visokom obrazovanju: V. M. R. Tummala i P. P. Sanchez (1988) uspešno primenjuju AHP u merenju performansi fakulteta; I. C. Ehie i D. Karahtanos (1994) mere poslovne performanse fakulteta primenom AHP; novije vreme J. R. Grandzol, (2005) primenjuje AHP u procesu izbora optimalnog fakulteta za studiranje; D. N. Ghosh (2011) kombinuje AHP i TOPSIS metodu u procesu merenja performansi četiri fakulteta za inženjersko obrazovanje, itd.

J. Johnes (1996; 2006) daje pregled metoda koji mogu biti korišćeni u merenju i oceni performansi u visokom obrazovanju, i, na primeru komparativnog merenja efikasnosti univerziteta u Velikoj Britaniji, zaključuje da DEA metod ima prednost u odnosu na druge metode. DEA metod je primenjivan u oceni organizacione efikasnosti u brojnim empirijskim istraživanjima koji

se odnose na merenje i ocenu performansi u visokom obrazovanju: D. A. Antreas i S. Estelle (1997) koriste DEA u komparativnoj analizi efikasnosti visokog obrazovanja u Velikoj Britaniji; C. Ng. Ying i S. K. Li (2000) ispituju istraživačke performanse visokoškolskih institucija u Kini; M. Abbott i C. Doucouliagos (2003), takođe, koriste DEA metod u oceni efikasnosti državnih univerziteta u Australiji; W. H. Kong i T. T. Fu (2012) su konstruisali na studentima zasnovan model merenja performansi poslovnih škola na Tajvanu, koji kombinuje AHP i DEA metod; C. Kao i H. T. Hung (2008) koriste DEA u oceni efikasnosti akademskih departmana, kao i J. Nazarko i J. Šaparauskas (2014); Q. H. Do i J-F. Chen (2014) kombinuju fazi AHP i DEA za merenje efikasnosti univerziteta; B. D. Royendegh i S. Erol (2009) kombinuju DEA i ANP (Analytic Network Process) u merenju univerzitetskih performansi, itd.

## METODOLOGIJA

R. Ramanathan (2006), predlaže hibridni, DEAHP metod, kao način za prevazilaženje nedostataka parcijalne primene DEA i AHP metoda. Analitički hijerarhijski proces (Saaty, 1980) je intuitivni metod za formulisanje i analiziranje odluka, baziran na hijerarhijskom strukturiranju problema i poređenjima elemenata odlučivanja po parovima, prema skali poređenja 1-9 (Tabela 1). Kao metod koji se uspešno može upotrebiti za merenje relativnog uticaja brojnih, relevantnih faktora na moguće ishode, kao i za predviđanje, tj. izvođenje distribucije relativnih verovatnoća ishoda, korišćen je u rešavanju mnogih kompleksnih problema odlučivanja. Pregled AHP aplikacija dali su O. S. Vaidya i S. Kumar (2006), S. Sipahi i M. Timor (2010), A. Ishizaka i A. Labib (2011) i N. Subramanian i R. Ramanathan, (2012).

Analiza obavljanja podataka (DEA) je matematički, neparametarski pristup za izračunavanje efikasnosti, koji se zasniva na linearnom programiranju i koji ne zahteva specifičnu funkcionalnu formu. Koristi se za merenje performansi jedinica odlučivanja (Decision Making Unit - DMU), tako što se više ulaza svodi na jedan „virtuelni“ ulaz, i više izlaza svodi na jedan „virtuelni“ izlaz, pomoću težinskih koeficijenata, pri čemu se za svaku organizacionu jedinicu formira i

rešava odgovarajući model linearnog programiranja. DEA metod se pokazao uspešnim, posebno prilikom procene efikasnosti neprofitnih organizacija koje posluju van tržišta, jer u njihovom slučaju finansijski indikatori performansi, kao što su prihod i profit, ne mere efikasnost na zadovoljavajući način. Svi podaci o ulazima i izlazima za svaku jedinicu odlučivanja, ubacuju se u određeni linearni program koji je, zapravo, neki od DEA modela. Tako se ocenjuje efikasnost posmatranih jedinica odlučivanja, koja, u stvari, predstavlja odnos težinske sume izlaza i težinske sume ulaza. Kod analize obavijanja podataka radi se o relativnoj efikasnosti jer se jedinice odlučivanja posmatraju i mere u odnosu na ostale. Efikasnost se kreće od 0 do 1, a svako odstupanje od 1 se pripisuje višku ulaza ili manjku izlaza.

U DEAHP modelu nekog problema, DEA metod se koristi za deriviranje lokalnih prioriteta elemenata odlučivanja iz matrice poređenja posmatranih elemenata u AHP modelu. U Tabelama 2 i 3, prikazane su matrice poređenja karakteristične za AHP metod i za DEAHP metod, respektivno. Kao što R. Ramanathan sugeriše, elementi  $a_{ij}, a_{ji} > 0, a_{ij} = 1/a_{ji}, a_{ii} = 1$ , za svako  $i, j$ , AHP matrice poređenja, postaju elementi DEAHP matrice poređenja u Tabeli 3, prilagođenoj za primenu

DEA metoda, u cilju izračunavanja lokalnih prioriteta. Svaki red matrice je je posmatran kao tipičan DMU, a svaka kolona kao jedan izlaz. Osim toga, matrica sadrži i kolonu tzv. dummy tj. fiktivnog ulaza, koji uzima vrednost 1, za svaku DMU, u cilju primene DEA metoda.

R. Ramanathan (2006) dokazuje da se primenom DEA metoda na AHP matricama poređenja, dobijaju objektivizirane vrednosti prioriteta elemenata odlučivanja, čime se umanjuje subjektivnost procena kod AHP metoda, i eliminiše inverzija ranga, do koje dolazi dodavanjem ili izuzimanjem irelevantne alternative, što je karakterističan problem za primenu AHP. Ovako izračunate DEA efikasnosti mogu biti interpretirane kao lokalni prioriteti jedinica odlučivanja. Takođe, DEA se koristi i za agregaciju konačnih prioriteta elemenata odlučivanja. Kada se, u tom smislu, koristi DEA pristup, alternative se posmatraju kao jedinice odlučivanja DMU, a njihovi lokalni prioriteti izračunati u odnosu na svaki kriterijum, kao izlazi, uz korišćenje kolone dummy ulaza (Tabele 4 i 5). S druge strane, za razliku od klasičnog DEA pristupa, koji meri samo relativnu efikasnost, primenom DEAHP metoda, koji, implicitno, uključuje i sposobnost AHP da obuhvati i kvantitativne

**Tabela 1** Skala poređenja 1-9

Intenzitet relativne važnosti	Definicija	Objašnjenje
1	Jednaka važnost	Dve aktivnosti jednako doprinose cilju.
3	Umerena važnost jednog u odnosu na drugi	Iskustvo i procena blago favorizuju jednu aktivnost u odnosu na drugu.
5	Esencijalna ili velika važnost	Iskustvo i procena jako favorizuju jednu aktivnost u odnosu na drugu.
7	Demonstrirana važnost	Jedna aktivnost se jako favorizuje, i njena dominacija se demonstrira u praksi.
9	Ekstremna važnost	Dokazi koji favorizuju jednu aktivnost u odnosu na drugu su najvišeg mogućeg reda afirmacije.
2, 4, 6, 8	Srednje vrednosti između dve susedne procene	Kada je potreban kompromis.
Reciprociteti gornjih nenultih brojeva		Ako jedna aktivnost ima jedan od gornjih brojeva, (na primer, 3), u poređenju sa drugom aktivnošću, onda druga aktivnost ima recipročnu vrednost (tj. 1/3), kada se poredi sa drugom

**Tabela 2** Tradicionalna AHP matrica poređenja elemenata po parovima

	Element 1	Element 2	...	Element n
Element 1	1	$a_{12}$	...	$a_{1N}$
Element 2	$1/a_{12}$	1	...	$a_{2N}$
...	...	...	...	...
Element N	$1/a_{1N}$	$1/a_{2N}$	...	1

Izvor: Ramanathan, 2006, 1296

i kvalitativne faktore procesa odlučivanja, dobija se potpunija ocena performansi posmatranih jedinica odlučivanja.

## OPIS PROBLEMA I STRUKTURIRANJE DEAHP MODELA ZA OCENU I RANGIRANJE FAKULTETA U REPUBLICI SRBIJI

Vrednovanje fakulteta u RS, primenom AHP metoda, sprovedeno je na primeru 12 fakulteta, sa četiri državna univerziteta (Beograd, Novi Sad, Niš i Kragujevac), prema pet nefinansijskih kriterijuma (Slika 1). Kriterijumi su posmatrani kao ulazni ( $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$ ) i kao izlazni ( $I_1$ ,  $I_2$ ), shodno činjenici da su isti upotrebljeni i u DEA modelu. Ključni ulazi su broj nastavnika ( $U_1$ ), broj saradnika ( $U_2$ ) na fakultetu i broj upisanih studenata ( $U_3$ ). Kao glavni izlazi dati su broj diplomiranih studenata ( $I_1$ ) i broj doktorskih disertacija ( $I_2$ ). Sami fakulteti su izabrani iz oblasti prirodnih, tehničkih i društveno-humanističkih nauka, dok su

**Tabela 3** DEAHP matrica poređenja elemenata po parovima i ocene njihove efikasnosti

	Output 1	Output 2	...	Output n	Fiktivni ulaz
DMU <sub>1</sub>	1	$a_2$	...	$a_{1N}$	1
DMU <sub>2</sub>	$1/a_{12}$	1	...	$a_{2N}$	1
...	...	...	...	...	...
DMU <sub>N</sub>	$1/a_{1N}$	$1/a_{2N}$	...	1	1

Izvor: Ramanathan, 2006, 1296

**Tabela 4** AHP matrica poređenja alternativa u odnosu na kriterijume

	Kriterijum 1	Kriterijum 2	...	Kriterijum J
Alternativa 1	$y_{11}$	$y_{12}$	...	$y_{1J}$
Alternativa 2	$y_{21}$	$y_{22}$	...	$y_{2J}$
...	...	...	...	...
Alternativa N	$y_{N1}$	$y_{N2}$	...	$y_{NJ}$

Izvor: Ramanathan, 2006, 1298

kriterijumi (za primenu AHP metoda), odnosno, ulazi i izlazi (za primenu DEA metoda) izabrani u skladu s dostupnim podacima za akademsku 2013/2014 godinu.

Na osnovu date hijerarhijske strukture, formirana je matrica poređenja kriterijuma AHP modela ocene i rangiranja posmatranih fakulteta i s izvršenim poređenjima prema skali 1-9, prikazana u Tabeli 6.

## Strukturiranje DEA modela za ocenu efikasnosti fakulteta u Republici Srbiji

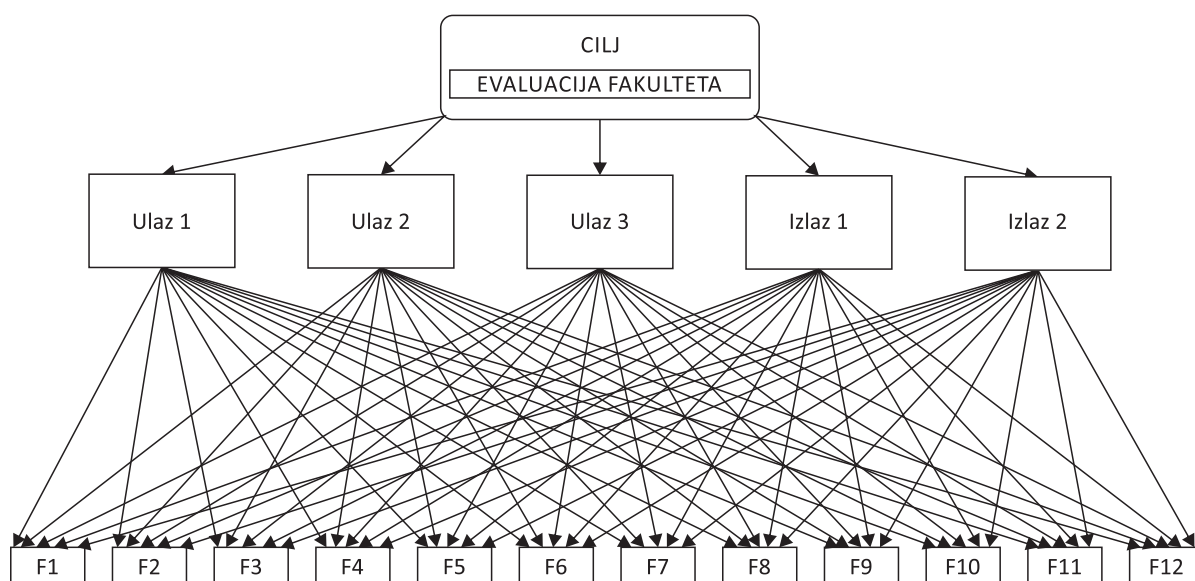
Broj DMU koji treba da se uporedi zavisi od cilja studije i od broja homogenih jedinica čiji učinak u praksi mora da se poredi. Preporučuje se da broj DMU bude veći od proizvoda broja ulaza i izlaza, kako bi se jasno razlikovale efikasna i neefikasna DMU. U konkretnom primeru za ocenu efikasnosti fakulteta u RS odabrano je 12 fakulteta, odnosno, jedinica odlučivanja, 3 ulaza (broj nastavnika, broj saradnika i broj upisanih studenata) i 2 izlaza (broj diplomiranih studenata i broj doktorskih disertacija). Kriterijumi za izbor ovih ulaza i izlaza su sasvim subjektivni. Ne postoji posebno

**Tabela 5** DEA pristup oceni efikasnosti alternativa u odnosu na definisane kriterijume

	Kriterijum 1	Kriterijum 2	...	Kriterijum J	Fiktivni ulaz
DMU 1	$y_{11}$	$y_{12}$	...	$y_{1J}$	1
DMU 2	$y_{21}$	$y_{22}$	...	$y_{2J}$	1
...	...	...	...	...	1
DMU N	$y_{N1}$	$y_{N2}$	...	$y_{NJ}$	1

Izvor: Ramanathan, 2006, 1298





**Slika 1** AHP hijerarhijska struktura problema ocene i rangiranja

Izvor: Autori

pravilo prilikom utvrđivanja procedura za izbor ulaza i izlaza. Skup ulaza i izlaza za merenje performansi u sektoru obrazovanja je često kritikovan zbog toga što je bio neadekvatan i nepogodan za analizu efikasnosti. Dakle, skup može biti promenljiv u skladu sa zahtevima istraživanja. Jedan od razloga za ovakav odabir ulaza i izlaza jeste i neažurnost podataka i nemogućnost pristupa pojedinim podacima o ulazima i izlazima za posmatrane fakultete.

**Tabela 6** Matrica poređenja kriterijuma AHP modela za ocenu i rangiranje fakulteta

Kriterijumi	Izlaz 1	Izlaz 2	Ulaz 1	Ulaz 2	Ulaz 3
Izlaz 1	1	2	1/4	1/3	1
Izlaz 2	1/2	1	1/3	1/2	1/4
Ulaz 1	4	3	1	2	2
Ulaz 2	3	2	1	1	1/2
Ulaz 3	1	4	1/2	2	1

Izvor: Autori

U Tabeli 7, prikazan je strukturirani DEA model za ocenu efikasnosti fakulteta u Republici Srbiji.

**Tabela 7** Strukturiranje DEA modela za ocenu efikasnosti fakulteta

Fakultet	Ulaz 1	Ulaz 3	Ulaz 2	Izlaz 1	Izlaz 2
F <sub>1</sub>	52	510	32	424	34
F <sub>2</sub>	100	1350	36	1060	71
F <sub>3</sub>	64	305	49	287	45
F <sub>4</sub>	71	543	12	210	32
F <sub>5</sub>	43	739	18	321	18
F <sub>6</sub>	35	445	24	172	24
F <sub>7</sub>	79	306	40	176	88
F <sub>8</sub>	40	306	25	374	24
F <sub>9</sub>	57	272	41	98	42
F <sub>10</sub>	26	204	20	140	6
F <sub>11</sub>	35	94	11	35	5
F <sub>12</sub>	98	591	71	600	81

Izvor: Informatori o radu fakulteta za akademsku 2013/2014.

U primeni analize obavljanja podataka korišćen je izlazno orijentisan CRS DEA model, koji teži da maksimira izlaz pri datom nivou ulaza, a neefikasna jedinica postaje efikasna kroz povećanje svojih izlaza.

Matematički zapis ovog modela glasi:

$$\max h_k = \sum_{r=1}^s u_r \times y_{r0}$$

$$\sum_{r=1}^s u_r \times y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i \times x_{ij} \leq 0, j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^m v_i \times x_{i0} = 1$$

$$u_r \geq 0, v_i \geq 0$$

gde je:

$y_{rj}$  - vrednost *output*-a

$x_{ij}$  - vrednost *input*-a,

$u_r$  - težinski koeficijent *output*-a  $y_{rj}$

$v_j$  - težinski koeficijent *input*-a  $x_{ij}$

$r = 1, 2, \dots, s$  - broj ostvarenih proizvoda,

$i = 1, 2, \dots, m$  - broj korišćenih resursa,

$j = 1, 2, \dots, n$  - broj DMU.

U posmatranom problemu, za fakultet  $F_r$ , odgovarajući CRS DEA linearni model glasi:

$$\max h_k = 424 y_1 + 34 y_2$$

Uz sistem ograničavajućih uslova:

$$52 x_1 + 32 x_2 + 510 x_3 = 1$$

$$424 y_1 + 34 y_2 - (52 x_1 + 32 x_2 + 510 x_3) \leq 0$$

$$1060 y_1 + 71 y_2 - (100 x_1 + 36 x_2 + 1350 x_3) \leq 0$$

$$287 y_1 + 45 y_2 - (64 x_1 + 49 x_2 + 305 x_3) \leq 0$$

$$210 y_1 + 32 y_2 - (71 x_1 + 12 x_2 + 543 x_3) \leq 0$$

$$321 y_1 + 18 y_2 - (43 x_1 + 18 x_2 + 739 x_3) \leq 0$$

$$172 y_1 + 24 y_2 - (35 x_1 + 24 x_2 + 445 x_3) \leq 0$$

$$176 y_1 + 88 y_2 - (79 x_1 + 40 x_2 + 306 x_3) \leq 0$$

$$374 y_1 + 24 y_2 - (40 x_1 + 25 x_2 + 306 x_3) \leq 0$$

$$98 y_1 + 42 y_2 - (57 x_1 + 41 x_2 + 272 x_3) \leq 0$$

$$140 y_1 + 6 y_2 - (26 x_1 + 20 x_2 + 204 x_3) \leq 0$$

$$35 y_1 + 5 y_2 - (35 x_1 + 11 x_2 + 94 x_3) \leq 0$$

$$600 y_1 + 81 y_2 - (98 x_1 + 71 x_2 + 591 x_3) \leq 0$$

$$y_1, y_2 \geq 0$$

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

odgovarajući modeli se formiraju na identičan način i za ostale jedinice odlučivanja, odnosno, fakultete.

## REZULTATI PRIMENE AHP, DEA I DEAHF METODA

### Rezultati primene AHP metoda

Korišćenjem *software* paketa *Superdecision* izračunati su težinski koeficijenti kriterijuma, a na osnovu njih konačni prioriteti alternativa. U Tabeli 8 može se videti da najveći prioritet i rang 1 ima kriterijum Broj nastavnika (0.368173), a najmanji rang 5 ima kriterijum Broj doktorskih disertacija (0.078690).

Prikaz konačnog ranga alternativa AHP modela za ocenu i rangiranje fakulteta primenom *software* paketa *Superdecision* dat je u Tabeli 9. Prema dobijenim rezultatima može se uočiti da najbolji rang ima Fakultet 12, a na drugom mestu je Fakultet 2.

U slučaju da u procesu procena i poređenja učestvuje više eksperata, odnosno, donosilaca odluka, moguće je koristiti geometrijsku sredinu kao način za

**Tabela 8** Težinski koeficijenti i rang kriterijuma AHP modela za ocenu i rangiranje fakulteta

Kriterijum	Težinski koeficijenti	Rang
Izlaz 1	0.126346	4
Izlaz 2	0.078690	5
Ulaz 1	0.368173	1
Ulaz 2	0.193262	3
Ulaz 3	0.233529	2

Indeks konzistentnosti: CR = 0,0742

Izvor: Autori

**Tabela 9** Prioriteti i konačan rang alternativa AHP modela za ocenu i rangiranje fakulteta

Alternative	Ukupno	Normalizovano	Idealizovano	Rang
Fakultet 1	0.0394	0.0788	0.3519	5
Fakultet 2	<b>0.1107</b>	<b>0.2214</b>	<b>0.9886</b>	<b>2</b>
Fakultet 3	0.0414	0.0829	0.3699	4
Fakultet 4	0.0360	0.0721	0.3219	6
Fakultet 5	0.0352	0.0704	0.3144	7
Fakultet 6	0.0185	0.0370	0.1654	9
Fakultet 7	0.0445	0.0890	0.3972	3
Fakultet 8	0.0170	0.0340	0.1518	10
Fakultet 9	0.0295	0.0590	0.2633	8
Fakultet 10	0.0087	0.0174	0.0775	11
Fakultet 11	0.0070	0.0140	0.0626	12
Fakultet 12	<b>0.1120</b>	<b>0.2240</b>	<b>1.0000</b>	<b>1</b>

Izvor: Autori

kombinovanje i objektivizaciju procena (Saaty & Peniwati, 2008):

$$w_i = \sqrt[k]{\prod_{k=1}^K w_{ik}} \quad \forall i$$

gde je  $w_i$ , konačna težina  $i$ -tog faktora, a  $w_{ik}$ , relativna težina  $i$ -tog elementa, izračunata na osnovu procena  $k$ -tog evaluatora.

### Rezultati primene DEA metoda

Za ocenu efikasnosti fakulteta u RS upotrebljen je ulazno orijentisan CCR model sa konstantnim prinosom na obim (Constant Return to Scale - CRS). Rezultati koji su predstavljeni u Tabeli 10, dobijeni su na osnovu tri ulaza (broj nastavnika, broj saradnika, broj upisanih studenata) i dva izlaza (broj diplomiranih studenata, broj doktorskih disertacija). S obzirom da je u literaturi postoje brojne dileme oko odnosa DMU i broja ulaznih i izlaznih veličina, predlaže se da broj DMU bude barem dva puta veći od zbira ulaznih i izlaznih veličina (2+1). Imajući u vidu da predloženi model ima ukupno pet promenljivih (3 ulazne i 2 izlazne), minimalan broj jedinica odlučivanja je 10. U ovom modelu je korišćeno 12 DMU, odnosno, 12

fakulteta u RS. Efikasnost je određena primenom *software* paketa *DEAFrontier*.

Na osnovu rezultata u Tabeli 11, može se zaključiti da su fakulteti F2, F4, F7 i F8 relativno efikasni, odnosno, 4 jedinice odlučivanja formiraju efikasnu obvojniciu. Njihova efikasnost je 1, što znači da ne poseduju „viškove“ u ulaznim, niti „manjkove“ u izlaznim promenljivim. Ostali fakulteti se mogu smatrati relativno neefikasnim.

### Rezultati primene DEAHP metoda

U skladu sa sugestijama R. Ramanathan-a (2006), DEA metod se može koristiti za deriviranje objektiviziranih lokalnih prioriteta elemenata odlučivanja. Kako su to, takođe, pokazali B. D. Royendegh i S. Erol (2009), moguće je formirati i primeniti efikasan model za rangiranje jedinica odlučivanja sa višestrukim izlazim i ulazima, koristeći DEA metod u kombinaciji sa AHP/ANP metodima. U Tabeli 12, data je matrica poređenja kriterijuma u kojoj su ulazne vrednosti procene nastale kao rezultat AHP poređenja kriterijuma prema skali 1-9. Ove procene se nadalje, kako sugeriše R. Ramanathan (2006), mogu koristiti kao vrednosti izlaza u odgovarajućem DEA modelu (Tabela 13), kojem je, takođe, dodata i kolona vrednosti fiktivnog ulaza, kao uslov za formiranje i primenu DEA modela. Primenom DEA metode na tako strukturiran problem, dobijene su relativne efikasnosti ulaza i izlaza, odnosno, izabranih kriterijuma, koje, međutim, nisu od značaja za dalju primenu DEAHP metoda, s obzirom da njih i njihove relativne važnosti nije neophodno uzeti u obzir prilikom formiranja DEAHP matrice poređenja i izračunavanja DEAHP relativnih efikasnosti alternativa. Tabela 14 pokazuje DEAHP matricu poređenja kriterijuma, dok Tabela 15 predstavlja matricu poređenja jedinica odlučivanja - alternativa u odnosu na Izlaz 1. Ulazne vrednosti su procene nastale kao rezultat poređenja parova alternativa - fakulteta u AHP modelu. Tabela 15 uobičajeno, sadrži i kolonu vrednosti fiktivnog ulaza, kao i kolone izlaza u cilju primene DEAHP modela. U Tabeli 16, date su izračunate DEAHP relativne efikasnosti jedinica odlučivanja, odnosno njihovi lokalni prioriteti, u odnosu na Izlaz 1.



**Tabela 10** Efikasnost i optimalne vrednosti težinskih koeficijenata input-a i output-a izlazno orijentisanog CRS DEA modela

DMU No.	DMU Name	Efikasnost	Ulaz 1	Ulaz 2	Ulaz 3	Izlaz 1	Izlaz 2
1	F1	0.90949	0.01453	0.00000	0.00048	0.00115	0.01241
2	F2	1.00000	0.00000	0.00725	0.00055	0.00069	0.00383
3	F3	0.95397	0.00000	0.00000	0.00328	0.00224	0.00692
4	F4	1.00000	0.00000	0.05362	0.00066	0.00101	0.02464
5	F5	0.70426	0.02326	0.00000	0.00000	0.00219	0.00000
6	F6	0.75553	0.02857	0.00000	0.00000	0.00113	0.02339
7	F7	1.00000	0.00000	0.00000	0.00327	0.00000	0.01136
8	F8	1.00000	0.00000	0.00000	0.00327	0.00223	0.00690
9	F9	0.67119	0.01754	0.00000	0.00000	0.00069	0.01436
10	F10	0.57332	0.03160	0.00000	0.00088	0.00410	0.00000
11	F11	0.36652	0.00000	0.00000	0.01064	0.00726	0.02247
12	F12	0.99293	0.00851	0.00000	0.00028	0.00067	0.00727

Izvor: Autori

Relativne efikasnosti alternativa-fakulteta, posmatrane u odnosu na izlaz 1, prikazane su u Tabeli 16. Na identičan način se mogu formirati matrice poređenja alternativa u odnosu na Izlaz 2, kao i ostale ulaze,

**Tabela 11** Efikasnost i rang fakulteta izračunati primenom izlazno orijentisanog CRS DEA modela

Fakultet	Efikasnost	Rang
F1	0.90949	7
F2	<b>1.00000</b>	<b>1</b>
F3	0.95397	6
F4	<b>1.00000</b>	<b>1</b>
F5	0.70426	9
F6	0.75553	8
F7	<b>1.00000</b>	<b>1</b>
F8	<b>1.00000</b>	<b>1</b>
F9	0.67119	10
F10	0.57332	11
F11	0.36652	12
F12	0.99293	5

Izvor: Autori

nakon čega se primenom DEA metoda određuju lokalni prioriteti, odnosno, relativne efikasnosti posmatranih jedinica odlučivanja.

Pošto su izračunati lokalni prioriteti alternativa u odnosu na sve pojedinačne ulaze i izlaze, sledeći korak je formiranje DEAHP matrice poređenja alternativa (Tabela 17) u odnosu na sve kriterijume istovremeno, pri čemu ulazne vrednosti matrice predstavljaju lokalni prioriteti alternativa izračunati u odnosu na pojedinačne kriterijume, a u tabeli je uobičajeno i kolona vrednosti fiktivnog ulaza u cilju primene

**Tabela 12** Matrica poređenja kriterijuma AHP modela za ocenu i rangiranje fakulteta

Kriterijumi	Izlaz 1	Izlaz 2	Ulaz 1	Ulaz 2	Ulaz 3
Izlaz 1	1	2	1/4	1/3	1
Izlaz 2	1/2	1	1/3	1/2	1/4
Ulaz 1	4	3	1	2	2
Ulaz 2	3	2	1	1	1/2
Ulaz 3	1	4	1/2	2	1

Izvor: Autori

**Tabela 13** DEAHP matrica poređenja za ocenu efikasnosti kriterijuma

DMU	I1	O1	O2	O3	O4	O5
I1	1	1	2	0.250	0.333	1
I2	1	0.5	1	0.333	0.5	0.25
O1	1	4	3	1	2	2
O2	1	3	2	1	1	0.5
O3	1	1	4	0.5	2	1

Izvor: Autori

**Tabela 14** Efikasnost kriterijuma izračunata primenom DEAHP metoda

DMU No.	DMU name	Efikasnost
1	I1	0.60000
2	I2	0.70000
3	O1	1.00000
4	O2	1.00000
5	O3	1.00000

Izvor: Autori

**Tabela 16** DEAHP relativna efikasnost alternativa u odnosu na Izlaz 1

DMU No.	DMU name	Efikasnost
1	F1	0.87500
2	F2	1.00000
3	F3	0.66667
4	F4	0.55556
5	F5	0.77778
6	F6	0.44444
7	F7	0.66667
8	F8	0.88889
9	F9	0.44444
10	F10	0.44444
11	F11	0.11111
12	F12	1.00000

Izvor: Autori

DEA metoda. Konačni prioriteti alternativa, odnosno, njihove DEAHP relativne efikasnosti, prikazane su u Tabeli 18, iz koje je vidljivo da su fakulteti F1, F2, F3, F5,

**Tabela 15** DEAHP matrica poređenja alternativa u odnosu na Izlaz 1

DMU	I1	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12
F1	1	1	0.5	4.000	5	3	5	5	3	7	5	7	0.333
F2	1	2	1	6	7	5	8	8	5	8	7	9	4
F3	1	0.2	0.167	1	3	0.5	4	4	0.25	4	3	6	0.2
F4	1	0.2	0.143	0.333	1	0.333	4	4	0.333	4	3	5	0.2
F5	1	0.333	0.2	2	3	1	3	3	0.333	5	4	7	0.2
F6	1	0.2	0.125	0.25	0.25	0.333	1	0.5	0.2	3	2	4	0.143
F7	1	0.2	0.125	0.25	0.25	0.333	2	1	0.25	4	3	6	0.143
F8	1	0.333	0.2	4	3	3	5	4	1	7	6	8	0.25
F9	1	0.143	0.125	0.25	0.25	0.2	0.333	0.25	0.143	1	0.5	4	0.125
F10	1	0.2	0.143	0.333	0.333	0.25	0.5	0.333	0.167	2	1	4	0.125
F11	1	0.143	0.111	0.167	0.2	0.143	0.25	0.167	0.125	0.25	0.25	1	0.111
F12	1	3	0.25	5	5	5	7	7	4	8	8	9	1

Indeks konzistentnosti: CR = 0,09886

Izvor: Autori

**Tabela 17** Lokalni prioriteti alternativa u odnosu na kriterijume (izlaze i ulaze)

DMU	I1	C1	C2	C3	C4	C5
F1	1	0.55556	0.66667	0.833	0.875	1
F2	1	1	0.66667	1	1	1
F3	1	0.77778	1	0.44444	0.66667	0.66667
F4	1	0.77778	0.11111	0.88889	0.55556	0.5
F5	1	0.44444	0.33333	1	0.77778	0.22979
F6	1	0.33333	0.44444	0.75	0.44444	0.26047
F7	1	0.875	0.66667	0.5	0.66667	1
F8	1	0.44444	0.44444	0.11111	0.88889	0.33617
F9	1	0.57143	0.66667	0.55556	0.44444	1
F10	1	0.11111	0.33333	0.44444	0.44444	0.12077
F11	1	0.22222	0.11111	0.25	0.11111	0.12077
F12	1	1	1	0.88889	1	1

Izvor: Autori

F7, F9 i F12, relativno efikasni, dok su ostali relativno neefikasni, pri čemu je fakultet F11 najslabije rangiran. Konačno, u Tabeli 19, dat je uporedni prikaz prioriteta alternativa, odnosno njihovih relativnih efikasnosti<sup>1</sup>, izračunatih primenom sva tri metoda. Uočljivo je da

**Tabela 18** Konačni prioriteti alternativa izračunati DEAHP pristupom

DMU No.	DMU name	Efikasnost
1	F1	1.00000
2	F2	1.00000
3	F3	1.00000
4	F4	0.88889
5	F5	1.00000
6	F6	0.75000
7	F7	1.00000
8	F8	0.88889
9	F9	1.00000
10	F10	0.45454
11	F11	0.25000
12	F12	1.00000

Izvor: Autori

**Tabela 19** Uporedna analiza prioriteta alternativa, dobijenih primenom AHP, DEA i DEAHP metoda

	AHP efikasnosti	DEA prioriteti (efikasnosti)	DEAHP prioriteti
F <sub>1</sub>	0.3519	0.90949	<b>1.00000</b>
F <sub>2</sub>	0.9886	<b>1.00000</b>	<b>1.00000</b>
F <sub>3</sub>	0.3699	0.95397	<b>1.00000</b>
F <sub>4</sub>	0.3219	<b>1.00000</b>	0.88889
F <sub>5</sub>	0.3144	0.70426	<b>1.00000</b>
F <sub>6</sub>	0.1654	0.75553	0.75000
F <sub>7</sub>	0.3972	<b>1.00000</b>	<b>1.00000</b>
F <sub>8</sub>	0.1518	<b>1.00000</b>	0.88889
F <sub>9</sub>	0.2633	0.67119	<b>1.00000</b>
F <sub>10</sub>	0.0775	0.57332	0.45454
F <sub>11</sub>	0.0626	0.36652	0.25000
F <sub>12</sub>	<b>1.0000</b>	0.99293	<b>1.00000</b>

Izvor: Autori

fakulteti F2 i F12, imaju slaganje vrednosti prioriteta izračunatih primenom sva tri metoda, što samo potvrđuje činjenicu da su to fakulteti s najboljim performansama.

## ZAKLJUČAK

U radu je prezentovan hibridni DEAHP metod u vrednovanju performansi 12 državnih fakulteta u Republici Srbiji. Ideja je bila da se na sveobuhvatan način, kroz integriranu i kombinovanu primenu DEA i AHP metoda, dobije potpunija i objektivnija ocena performansi posmatranih fakulteta i izvrši njihovo rangiranje. Krajnji cilj rada bio je unapređenje procesa vrednovanja institucija visokog obrazovanja u RS, primenom metoda višekriterijumske analize.

Predloženi pristup kombinovanja Analitičkog hijerarhijskog procesa, kao metoda za podršku odlučivanju u uslovima kompleksnosti i neizvesnosti, i robusnih neparametarskih metoda kao što je Analiza obavljanja podataka, obezbeđuje fleksibilan, sistematičan i objektivan okvir za sveobuhvatno (apsolutno i relativno), merenje efikasnosti i ocenu

performansi i, implicitno, pouzdanu osnovu za donošenje kvalitetnih strategijskih odluka u visokom obrazovanju. Omogućujući simultano obuhvatanje i nefinansijskih pokazatelja, uz mogućnost uključivanja ne samo kvantitativnih, već i kvalitativnih faktora, i njihovo kombinovanje (kroz AHP), predloženi pristup u značajnoj meri umanjuje često prisutne subjektivnost i pristrasnost, u merenju i oceni organizacionih performansi. U teorijsko-metodološkom smislu, ostaju neke dileme vezane za funkcionisanje DEAHP metoda u slučaju nekonzistentnih matrica procena (Ramanathan, 2006) što se, međutim, može verifikovati ili osporiti budućim empirijskim istraživanjima. Korisno bi bilo i izvršiti analizu osetljivosti rešenja i proveriti da li i kako promena relativne važnosti izabranih kriterijuma kod AHP metoda utiče na rang alternative i kakve to posledice može imati na integrisanu primenu sa DEA metodom, kako generalno, tako i u konkretnom slučaju.

Na osnovu dobijenih rezultata, može se zaključiti da su potencijalno velike mogućnosti primene naučno utemeljenih metoda i modela višekriterijumske analize naročito u oblasti visokog obrazovanja, jer se stvaraju bolje pretpostavke za donošenje kvalitetnih menadžmentskih odluka koje imaju dugoročne posledice za društvo. Ako se posmatra u širem društvenom kontekstu, rezultati realizovanog istraživanja, mogu doprineti unapređenju sistema upravljanja i rukovođenja ustanovama visokog obrazovanja, i biti značajan indikator daljem razvoju visokoškolskih ustanova i srpskog društva u celini. Takođe, dobijeni rezultati mogu predstavljati bazu za buduća istraživanja, u kombinaciji i kroz poređenje sa rezultatima dobijenih primenom drugih metoda višekriterijumskog odlučivanja, kako bi se našla najbolja kombinacija metoda za ocenu i rangiranje ne samo visokoškolskih institucija, u kontekstu kontinuiranog procesa reformi visokog obrazovanja, već i drugih neprofitnih organizacija u RS.

U suštinskom smislu, za sprovedeni postupak ocene efikasnosti i merenja performansi posmatranih fakulteta, vezana su određena ograničenja, a najvažnije se odnosi na činjenicu da je za potrebe analize uzet relativno mali broj ulaza i izlaza modela, te da su izostavljeni oni koji se odnose na naučnoistraživačku i finansijsku komponentu, kao izuzetno

značajne dimenzije funkcionisanja posmatranih visokoobrazovnih institucija. Uključivanjem ovih faktora u analizu, dobila bi se realnija, višedimenzionalna ocena performansi fakulteta, što otvara prostor za nove interpretacije dobijenih rezultata, korelaciona analizu, analizu osetljivosti rešenja i dalja istraživanja u tom pravcu. Osim toga, zbog nedovoljne ažuriranosti i transparentnosti podataka, i pored godišnjih obaveza o publikovanju informatora o radu fakulteta, ne postoji mogućnost formiranja dovoljno dugih vremenskih serija podataka, koje bi omogućile i razne ekonometrijske analize i poređenje ostvarenih performansi fakulteta i po periodima.

## ENDNOTA

- 1 Prioriteti u AHP modelu mogu biti interpretirani na različite načine, u zavisnosti od konteksta. U ovom slučaju, imaju značenje efikasnosti. Efikasnosti alternativa izračunate AHP metodom su preuzete iz kolone „idealizovano“, a dobijaju se deljenjem svih pojedinačnih vrednosti prioriteta najvećom vrednošću, u koloni „normalizovanih vrednosti“.

## REFERENCE

- Abbott, M., & Doucouliagos, C. (2003). The efficiency of Australian universities: A data envelopment analysis. *Economics of Education Review*, 22(1), 89-97, doi: 10.1016/S0272-7757(01)00068-1.
- Antreas, D. A., & Estelle, S. (1997). Assessing the comparative efficiency of Higher education institutions in the UK by means of data envelopment analysis. *Education Economics*, 5(2), 117-134, doi: 10.1080/09645299700000011.
- Aruldoss, M., Lakshmi, T. M., & Venkatesan, V. P. (2013). A survey on multicriteria decision making methods and its applications. *American Journal of Information Systems*, 1(1), 31-43, doi: 10.12691/ajis-1-1-5.
- Do, Q. H., & Chen, J-F. (2014). A hybrid fuzzy AHP-DEA approach for assessing university performance. *WSEAS Transactions on Business and Economics*, 11, 386-397.
- Ehie, I. C., & Karathanos, D. (1994). Business faculty performance evaluation based on the new AACSB accreditation standards. *Journal of Education for Business* 69(5), 257-262, doi: 10.1080/08832323.1994.10117695.

- Ghosh, D. N. (2011). Analytic hierarchy process & TOPSIS method to evaluate faculty performance in engineering education. *Dipendra Nath Ghosh et al UNIASCIT*, 1(2), 63-70.
- Grandzol, J. R. (2005). Improving the faculty selection process in higher education: A case for the analytic hierarchy process. *IR Applications 6*, Bloomsburg University of Pennsylvania, 1-13, ERIC Number: ED504373.
- Ishizaka, A., & Labib, A. (2011). Review of the main developments in the analytic hierarchy process. *Expert Systems with Applications*, 38(11): 14336-14345, doi: 10.1016/j.eswa.2011.04.143
- Johnes, J. (1996). Performance assessment in higher education in Britain. *European Journal of Operational Research*, 89(1), 18-33, doi: 10.1016/S0377-2217(96)90048-X
- Johnes, J. (2006). Data envelopment analysis and its application to the measurement of efficiency in higher education. *Economics of Education Review*, 25(3), 273-288, doi: 10.1016/j.econedurev.2005.02.005
- Kao, C., & Hung, H. T. (2008). Efficiency analysis of university departments: An empirical study. *Omega*, 36(4), 653-664, doi: 10.1016/j.omega.2006.02.003
- Kong, W. H., & Fu, T. T. (2012). Assessing the performance of business colleges in Taiwan using data envelopment analysis and student based value-added performance indicators. *Omega*, 40(5), 541-549, doi: 10.1016/j.omega.2011.10.004
- Nazarko, J., & Šaparauskas, J. (2014). Application of DEA method in efficiency evaluation of public higher education institutions. *Tehmological and Economic Development of Economy*, 20(1), 25-44, doi: 10.3846/20294913.2014.837116.
- Ramanathan, R. (2006). Data envelopment analysis for weight derivation and aggregation in the analytic hierarchy process. *Computers & Operations Research*, 33, 1289-1307, doi: 10.1016/j.cor.2004.09.020
- Royendegh, B. D., & Erol, S. (2009). A DEA-ANP hybrid algorithm approach to evaluate a university's performance. *International Journal of Basic & Applied Sciences*, 9(10), 115-129.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Saaty, T., & Kearns, K. (1985). *Analytical Planning: The Organization of Systems*. Pittsburgh: Pergamon Press.
- Saaty, T., & Peniwati K. (2008). *Group decisionmaking: drawing out and reconciling differences*. 1, RWS, Pittsburgh.
- Saad, G. (2001). Strategic performance evaluation: descriptive and prescriptive analysis. *Industrial management and Data system*, 101(8), 390-399, <http://dx.doi.org/10.1108/EUM00000000006169>
- Sipahi, S., & Timor, M. (2010). The Analytic hierarchy process and Analytic Network Process: an overview of applications. *Management decision*, 48(5), 775-808, <http://dx.doi.org/10.1108/00251741011043920>
- Subramanian, N., & Ramanathan, R. (2012). A review of applications of Analytic Hierarchy Process in operations management. *Int. J. Production Economics*, 138, 215-241, doi:10.1016/j.ijpe.2012.03.036
- Tangen, S. (2005). Analysing the requirements of performance measurement systems. *Measuring Business Excellence* 9(4), 46-54, <http://dx.doi.org/10.1108/13683040510634835>
- Tummala, V. M. R., & Sanchez, P. P. (1988). Evaluating faculty merit awards by analytic hierarchy process. *Modeling, Simulation and Control C: Environmental, Biomedical, Human and Social Systems* 11(4), 1-13.
- Vaidya, O. S., & Kumar, S. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal Of Operational Research*, 169(1), 1-29, doi:10.1016/j.ejor.2004.04.028
- Ying, C. Ng., & Li, S. K. (2000). Measuring the research performance of Chinese Higher education institutions: an application of Data envelopment analysis. *Education Economics*, 8(2), 139-156, doi: 10.1080/096452900410712.
- <http://www.superdecisions.com/~saaty/.../SuperDecisionsManualMar2005.doc/>

Primljeno 11. februara 2016,  
nakon dve revizije,  
prihvaćeno za publikovanje 14. aprila 2016.  
Elektronska verzija objavljena 25. aprila 2016.



*Predrag Mimović* je vanredni profesor na Ekonomskom fakultetu Univerziteta u Kragujevcu, gde je doktorirao u užoj naučnoj oblasti Statistika i informatika. Izvodi nastavu na nastavnim predmetima Operaciona istraživanja i Teorija odlučivanja. Oblasti njegovog istraživačkog interesovanja su višekriterijumsko odlučivanje i optimizacija.

*Ana Krstić* je saradnik u nastavi na Ekonomskom fakultetu Univerziteta u Kragujevcu, gde je odbranila master rad u užoj naučnoj oblasti Statistika i informatika. Angažovana je na nastavnim predmetima Operaciona istraživanja i Finansijska i aktuarska matematika. Oblasti njenog istraživačkog interesovanja su višekriterijumsko odlučivanje i optimizacija.

# THE INTEGRATED APPLICATION OF THE AHP AND THE DEA METHODS IN EVALUATING THE PERFORMANCES OF HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS IN THE REPUBLIC OF SERBIA

Predrag Mimovic and Ana Krstic

*Faculty of Economics, University of Kragujevac, Kragujevac, The Republic of Serbia*

The measurement and evaluation of performance are critical for the efficient and effective functioning of the economic system, because this allows for the analysis of the extent to which the defined objectives are achieved. Organizational performance is measured by different methods, both quantitative and qualitative. Many of the known methods for the evaluation and measurement of organizational performance take into account only financial indicators, while ignoring the non-financial ones. The integration of both indicators, through the combined application of multiple methods and the comparison of their results, should provide a more complete and objective picture of organizational performance. The Analytic Hierarchy Process (AHP) is a formal framework for solving complex decision-making problems, as well as a systemic procedure for the hierarchical presentation of the problem elements. The Data Envelopment Analysis (DEA) is a non-parametric approach based on linear programming, which allows for the calculation of the efficiency of decision-making units within a group of organizations. The work is an illustration of the method and framework of the combined use of the multi-criteria analysis methods for the measurement and evaluation of the performance of higher education institutions in the Republic of Serbia. The advantages of this approach are reflected in overcoming the shortcomings of a partial application of the AHP and the DEA methods by utilizing a new, hybrid, DEAH (Data Envelopment Analytic Hierarchy Process) method. Performance evaluation through an integrated application of the AHP and the DEA methods provides more objective results and more reliable solutions to the observed problem, thus creating a valuable information base for high-quality strategic decision making in higher education institutions, both at the national level and at the level of individual institutions.

**Keywords:** multi-criteria analysis, analytic hierarchy process, data envelopment analysis, organizational performance, higher education

JEL Classification: C44, C61, D81, I23