

Osnovni koncept i pregled primena dvofaznog AHP/DEA pristupa

Milena Popović, Gordana Savić, Milan Martić

Fakultet organizacionih nauka, Jove Ilića 154

milena.popovic@fon.bg.ac.rs; goca@fon.bg.ac.rs; milan@fon.bg.ac.rs

Apstrakt. Imajući u vidu neke uočene teškoće pri implementaciji, posebno vezane za izbor relevantnih kriterijuma koji će omogućiti dobijanje realnih mera efikasnosti, razvijeni su hibridni modeli za povezivanje Analize obavljanja podataka (DEA) sa drugim metodama. Ocena efikasnosti pomoću DEA metode se vrši na osnovu više kriterijuma što je donekle uslovljilo njeno povezivanje sa Analitičkim hijerarhijskim procesom – AHP metodom. Brojni složeni problemi rešavani su upravo kombinacijom ove dve metode. Na ovaj način prevaziđeni su nedostaci pojedinačne i nezavisne primene svake od metoda. U ovom radu je dat osnovni koncept i pregled primena dvofaznog AHP/DEA pristupa. Ovaj pristup kreiran je u cilju smanjivanja subjektivnosti AHP metode i omogućavanja potpunog rangiranja DMU, a koje nije obezbeđeno primenom DEA metode (Sinuany-Stern et al., 2000).

Ključne reči: Analiza obavljanja podataka, Analitički hijerarhijski process, dvofazni AHP/DEA pristup.

1. Uvod

DEA je nelinearna tehnika matematičkog programiranja za merenje efikasnosti kompleksih entiteta sa raznorodnim ulazima/izlazima. Ona omogućuje da se utvrdi da li je DMU (jedinica o kojoj se odlučuje) efikasna ili nije, relativno prema drugim DMU uključenim u analizu. Pored toga, može se zaključiti koliko je potrebno da se smanji određeni ulaz i/ili poveća određeni izlaz da bi ove jedinice postale efikasne (Charnes et.al., 1978). Glavna prednost DEA metode u odnosu na druge metode koje određuju efikasnost je da težina ulaza i izlaza ne treba da bude poznata a priori.

Rezultati DEA metode oslanjaju se na skup izlaza i ulaza koji se koriste u analizi, pa je to i jedan od najvažnijih koraka ove metode. U literaturi je relativno malo pažnje posvećeno kako ti ulazi i izlazi treba da budu izabrani. Mnogi autori jednostavno ulaze i izlaze, u svojim studijama, tretiraju kao „date“, a zatim prelaze na samu metodologiju. Drugi, pak, koriste statističke metode, kao na primer

regresionu i korelacionu analizu, kao pomoć pri smanjenju broja kriterijuma. Ipak, izbor DEA modela, kao i izbor ulazna i izlaza zavisi od cilja i namene, ali i od svakog konkretnog slučaja.

AHP je tehnika koja se koristi za rangiranje više alternativa ili za izbor najbolje iz skupa raspoloživih. Rangiranje/selekcija se vrši u odnosu na ukupan cilj, koji je prikazan pomoću više kriterijuma (Saaty, 1991).

AHP je dizajniran za subjektivnu procenu više alternativa na osnovu više kriterijuma, organizovanih u hijerarhijsku strukturu. Na višem nivou procenjuju se kriterijumi, a na nižem se procenjuju alternative na osnovu kriterijuma. Donosilac odluke daje svoju subjektivnu ocenu odvojeno za svaki nivo i podnivo. Na osnovu tih procena se formiraju matrice poređenja parova, koje su zasnovane isključivo na subjektivnim procenama.

Poslednjih godina uloženi su značajni naponi u istraživanju mogućnosti povezivanja DEA sa AHP metodom. U nekim radovima

AHP metoda je korišćena u slučajevima kada je bilo potrebno obrediti relevantne ulaze i izlaze (Yoo, 2003), ili kada ih je potrebno agregirati i smanjiti njihov broj (Korhonen et al., 2001; Cai & Wu, 2001) ili za prevođenje kvalitativnih u kvantitativne podatke (Shang & Sueyoshi, 1995; Yang & Kuo, 2003; Ertay et al., 2006; Korpela et al., 2007; Azadeh et al., 2008; Jyoti et al., 2008; Lin et al., 2011; Raut, 2011), a potom je primenjivana DEA za izbor efikasnih jedinica.

U ovom radu biće prikazan osnovni koncept dvofaznog AHP/DEA pristupa kao i pregled radova koji su dati pristup koristili na različitim oblastima primene.

2. Dvofazni AHP/DEA pristup

U cilju smanjivanja subjektivnosti AHP metode i omogućavanja potpunog rangiranja, koje nije obezbeđeno primenom DEA metode, kreiran je dvofazni AHP/DEA pristup za rangiranje DMU (Sinuany-Stern et al., 2000).

U prvoj fazi ovog pristupa rešavaju se DEA modeli, ali se koriste ideje iz AHP metode, pa se stoga DMU porede po parovima. To znači da se rešavaju osnovni DEA modeli u kojima se porede dve po dve jedinice međusobno. Na osnovu dobijenih rezultata formira se matrica poređenja koja se u drugoj fazi koristi kao ulaz u AHP metodu. Rezultat primene AHP metode je potpuni poredak, koji donosilac odluke lako interpretira, pri čemu je izbegnuta subjektivnost pri dodeli težinskih koeficijenata.

Za bilo koji par jedinica A i B, iz skupa posmatranih DMU, rešava se DEA model AA (maksimizira se efikasnost DMU A u poređenju sa DMU B) kao da ostale jedinice ne postoje.

Za osnovni DEA model se pretpostavlja da je poznata vrednost ulaza i -te vrste za j -tu DMU ($x_{ij} > 0, i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$), i vrednost izlaza r -te vrste za j -tu DMU ($y_{rj} > 0, r = 1, \dots, s; j = 1, \dots, n$). Za svaku DMU k iz skupa od n posmatranih jedinica ($k = 1, \dots, n$) se rešava jedan optimizacioni zadatak. U posmatranom slučaju

dvofaznog AHP/DEA pristupa svaka DMU k se može posmatrati kao DMU A odnosno DMU B i za nju se postavlja sledeći model:

MODEL AA

$$E_{AA} = (\text{Max}) h_k = \sum_{r=1}^s u_r y_{rA} \quad (1)$$

p.o.

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{iA} = 1 \quad (2)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rA} \leq 1 \quad (3)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rB} - \sum_{i=1}^m v_i x_{iB} \leq 0 \quad (4)$$

$$u_r \geq 0 \quad r=1, \dots, s \quad (5)$$

$$v_i \geq 0 \quad i=1, \dots, m \quad (6)$$

gde su:

h_k – relativna efikasnost k -te DMU ($h_k = 1$ – DMU k je efikasna; $h_k < 1$ – DMU k je neefikasna);

u_r – težinski koeficijent za r -ti izlaz;

v_i – težinski koeficijent za i -ti ulaz (Martić & Popović, 2001).

Model AA predstavlja formulaciju DEA modela za dve jedinice DMU A i DMU B. Analogno modelu AA formuliše se model BB u kome se maksimizira efikasnost DMU B u poređenju sa DMU A. Kao optimalno rešenje modela AA ili BB dobijaju se vrednosti težina (u_r – težinski koeficijent za r -ti izlaz; v_i – težinski koeficijent za i -ti ulaz) kao i indeks efikasnosti h_k određen za DMU A (E_{AA}) odnosno DMU B (E_{BB}).

U cilju unakrsne procene DMU B koriste se optimalne težine dobijenih pri oceni DMU A (model AA). Sinuany-Stern (Sinuany-Stern et al., 2000) predlažu rešavanje DEA modela u kome će se maksimizirati unakrsna efikasnost DMU B tako da DMU A zadrži optimalnu efikasnost E_{AA} . Ovaj problem (BA) podrazumeva da se rešava DEA model u kome ograničenje (4) ima sledeći oblik (4’):

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rB} - E_{AA} \sum_{i=1}^m v_i x_{iB} \leq 0 \quad (4')$$

Na taj način se dobija optimalna unakrsna efikasnost E_{BA} . Na osnovu rešenja E_{AA} , E_{BB} , E_{BA} , E_{AB} dobijenih rešavanjem 4 DEA modela se za svaki par jedinica j i k izračunavaju vrednosti a_{jk} ($j, k=1, \dots, n$) prema formuli (8).

$$a_{jk} = \frac{E_{jj} + E_{jk}}{E_{kk} + E_{kj}}, a_{jj} = 1, j, k = 1, \dots, n \quad (8)$$

Vrednosti a_{jk} ($j, k=1, \dots, n$) se koriste za konstrukciju matrice poređenja parova neophodne za AHP metodu. Ove vrednosti zamenjuju subjektivne ocene donosioca odluke. Elementi a_{jk} odražavaju procenu važnosti DMU_j u odnosu na DMU_k . Ako je $a_{jk} < 1$, znači da je j -ta DMU procenjena kao lošija od k -te DMU. Očigledno je da važi $a_{kj} = 1/a_{jk}$, isto kao kod AHP metode.

U drugoj fazi se na osnovu matrice poređenja parova koja je generisana u prvoj fazi sprovodi AHP sa jednim nivoom hijerarhije kako bi se izračunala maksimalna sopstvena vrednost i odgovarajući vektor sopstvenih vrednosti. Vrednosti w_j ($j, k=1, \dots, n$) odražavaju relativnu važnost dodeljenu DMU_j . Vrednosti w_j ($j, k=1, \dots, n$) se razlikuju za svaku DMU_j i njihov opadajući redosled omogućava potpuno rangiranje jedinica koje se posmatraju.

3. Primena dvofaznog AHP/DEA pristupa

Predloženi AHP/DEA metod je primenjen za rangiranje filijala Investbanke a.d. Beograd (Martić & Popović, 2001). Primećeno je da je obim računanja veliki, pošto se za svaki par filijala rešavaju 4 DEA modela. U radu je ocenjivana efikasnost 31 filijale, što bi značilo da je potrebno rešavati $31 \times 30 \times 4 = 3720$ modela. Da bi se obim računanja smanjio rangirane su samo efikasne filijale pomoću predložene procedure.

Kasnije je i kroz druga istraživanja pokazano da AHP metoda može korišćenjem ovog dvofaznog AHP/DEA pristupa poboljšati

upotrebljivost same DEA metode (Zilla et al., 2000; Yang & Kuo, 2003; Feng et al., 2004; Lee et al., 2008; Tseng & Lee, 2009; Ho & Oh, 2010, Rezaeitaziani & Barkhordariahmadi, 2015).

Feng (Feng et.al., 2004) je u svom radu usvojio AHP/DEA pristup radi merenja efikasnosti aktivnosti istraživanja i razvoja na univerzitetu. On je primenio koncept promenljive po parovima u AHP metodi u konceptu efikasnosti u DEA metodi i pokušao da maksimizira efikasnost aktivnosti istraživanja i razvoja na univerzitetu.

Tseng i Li (Tseng & Lee, 2009) u svom radu koriste AHP/DEA pristup da bi prikazali uporedni uticaj ljudskih resurasa na organizacione performanse. Istraživanje uključuje 129 upitnika iz kompanija u elektronskoj industriji u Tajvanu i 112 upitnika iz filijala u Kini. Rezultati ove studije mogu se koristiti i za objektivnu procenu težina faktora ljudskih resursa i za procenu organizacionih performansi.

Jang i Kuo (Yang & Kuo, 2003) su koristili AHP/DEA pristup za rešavanje problema rasporeda (*layout-a*) pogona u fabrici. Vrednosti kvalitativnih performansi su merene pomoću AHP, a zatim je korišćena DEA za rešavanje problema rasporeda. Njegov cilj je bio da pronađu granice performansi iz skupa alternativa rasporeda razmatrajući i kvalitativne i kvantitativne podatke.

Zaključak

U radu je dat pregled radova objavljenih u periodu od 2000. do 2015. godine u međunarodnim časopisima, a koji imaju za cilj primenu dvofaznog AHP/DEA pristupa. Može se videti da je spektar polja primene veoma širok, a autori radova navode da ova sinteza daje bolje rezultate u poređenju sa pojedinačnom primenom svake od metoda pojedinačno.

Bibliografija

- [1] **Azadeh, A., Ghaderi, S. F., & Izadbakhsh, H.** Integration of DEA and AHP with computer simulation for railway system improvement and optimization, *Applied Mathematics and Computation*, 2008, 195(2), 775-785.
- [2] **Cai, Y.Z., & Wu, W.J.** Synthetic Financial Evaluation by a Method of Combining DEA with AHP, *International Transactions in Operational Research*, 2001, 8, 603-609.
- [3] **Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E.,** Measuring Efficiency of Decision Making Units, *European Journal of Operational Research*, 1978, 2(6), 429-444.
- [4] **Ertay, T., & Ruan, D.** Data envelopment analysis based decision model for optimal operator allocation in CMS, *European Journal of Operational Research*, 2004, 164(3), 800-810.
- [5] **Feng, Y. J., Lu, H., & Bi, K.** An AHP/DEA method for measurement of the efficiency of R&D management activities in university, *International Transactions in Operational Research*, 2004, 11, 181-191.
- [6] **Ho, C. B., & Oh, K. B.** Selecting internet company stocks using a combined DEA and AHP approach. *International Journal of Systems Science*, 2010, 41(3), 325-336.
- [7] **Korhonen, P.J., Tainio, R., & Wallenius, J.** Value efficiency analysis of academic research, *European Journal of Operational Research*, 2001, 130(1), 121-132.
- [8] **Korpela, J., Lehmusvaara, A., & Nisonen, J.** Warehouse operator selection by combining AHP and DEA methodologies, *International Journal of Production Economics*, 2007, 108, 135-142.
- [9] **Krčevinac, S., Čangalović, M., Kovačević-Vujičić, V., Martić, M., & Vujošević, M.,** Operaciona Istraživanja, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2004.
- [10] **Jyoti, T., Banwet, D. K., & Deshmukh, S. G.** Evaluating performance of national R&D organizations using integrated DEA-AHP technique. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 2008, 57 (5), 370-388.
- [11] **Lee, S.K., Mogi, G., Shin, S.C., & Kim, J.W.** Measuring the Relative Efficiency of Greenhouse Gas Technologies: An AHP/DEA Hybrid Model Approach, Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists, 2008, Vol II.
- [12] **Lin, M., Lee, Y., & Ho, T.** Applying integrated DEA/AHP to evaluate the economic performance of local governments in china. *European Journal of Operational Research*, 2011, 209 (2), 129-140.
- [13] **Martic, M., & Popovic, G.** An application of DEA for comparative analysis and ranking of regions in Serbia with regards to social-economic development, *European Journal of Operational Research*, 2001, 132, 343-356.
- [14] **Raut, R. D.** Environmental performance: A hybrid method for supplier selection using AHP- DEA. *International Journal of Business Insights & Transformation*, 2011, 5(1), 16-29.
- [15] **Rezaeitaziani, T., & Barkhordariahmadi, M.,** A two-stage model for ranking DMUs using DEA/AHP, *International Journal Industrial Mathematics*, 2015, 7 (2), ISSN 2008-5621.
- [16] **Saaty, T. L.,** Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process, RWS Publications, Pittsburgh, PA, 1991.
- [17] **Shang, J., & Sueyoshi, T.** A unified framework for the selection of a flexible manufacturing system, *European Journal of Operational Research*, 1995, 85, 297-315.
- [18] **Sinuany-Stern, Z., Mehrez, A., & Hadad, Y.** An AHP/DEA methodology for ranking decision making units, *International Transactions in Operational Research*, 2000, 7, 109-124.
- [19] **Tseng, Y.F., & Lee, T.Z.** Comparing appropriate decision support of human resource practices on organizational performance with DEA/AHP model, *Expert Systems with Applications*, 2009, 36, 6548-6558.
- [20] **Yang, T., & Kuo, C.A.** A hierarchical AHP/DEA methodology for the facilities layout design problem, *European Journal of Operational Research*, 2003, 147, 128-136.
- [21] **Yoo, H.** A study on the efficiency evaluation problem of total quality management activities in Korean companies, *The Total Quality Management*, 2003, 14(1), 119-128.
- [22] **Zilla, S. S., Abraham, M., & Yossi, H.** An AHP/DEA methodology for ranking decision making units. *International Transactions in Operational Research*, 2000, 7, 109-124.