



## Sztocasztikus Data Envelopment Analysis (DEA) alkalmazása magyarországi tehenészeti telepek hatékonyságának mérésére

Gál<sup>1</sup> T., Komlósi<sup>2</sup> I.

<sup>1</sup>Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Logisztikai Koordinációs Központ  
4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

<sup>2</sup>Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Állattenyésztéstudományi Intézet  
4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

### ÖSSZEFOGLALÁS

*A szarvasmarha ágazat nagyon kockázatos tevékenység, input oldalról elsősorban a takarmányárak és az állategészségügyi termékek árának ingadozása, output oldalról a végtermék árának ingadozása befolyásolja az ágazat jövedelmezőségét. Ilyen körülmények között létfontosságú a szarvasmarha tenyésztők számára, hogy a tenyésztésben fellelhető rejtett tartalékokat a lehető leghatékonyabban legyenek képesek kihasználni a fennmaradás érdekében. Kutatásunkban egy mezőgazdasági vállalkozás tejtermelő tehenészeti telepeinek hatékonyságát és a kockázatát elemeztük klasszikus DEA és sztocasztikus DEA modellek alkalmazásával. A módszer kiválasztását indokolja, hogy nem állt rendelkezésre olyan megbízható adatbázis, mellyel termelési függvényeket definiálhattunk volna, illetve a DEA lehetővé teszi több input és output, azaz összetett döntési problémák egyidejű kezelését. A DEA segítségével a nem hatékonyan működő telepeken a kiesést okozó források beazonosíthatók, elemezhetők és számszerűsíthetők. A klasszikus determinisztikus DEA modell hátránya, hogy nem kezelhetők vele sem input, sem output oldalon a gazdálkodás sztocasztikus tényezői, ezért az eredményeik fenntartással fogadhatóak, különösen a mezőgazdasági modellekben. Kutatásunkban az inputok és az outputok árait valószínűségi változóknak tekintve 1000 szimulációs futtatást végeztünk. A vizsgálatok eredményeként megállapítható, hogy az egyes telepek az input és output tényezők milyen intervallumain belül válhatnak versenyképesé, illetve az, hogy ezen tényezők ingadozása mely telepeknél milyen szintű kockázatot jelent.*  
(Kulcsszavak: sztocasztikus DEA analízis, hatékonyság, szarvasmarha ágazat, kockázat)

### ABSTRACT

#### Stochastic Data Envelopment Analysis (DEA) in measuring the efficiency of dairy farms in Hungary

T. Gál<sup>1</sup>, I. Komlósi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Coordination Centre for Logistics, Centre of Agricultural and Applied Economics Sciences, University of Debrecen  
H-4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

<sup>2</sup>Institute of Animal Husbandry, Centre of Agricultural and Applied Economics Sciences, University of Debrecen  
H-4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

*Dairy enterprise is a very risky activity: the profitability of the enterprise is affected by the fluctuation of feed and animal health products prices from inputs, and by the fluctuation of end-product prices. Under these circumstances it is essential for the cattle breeders, in order to survive, to harness the reserves in management as effectively as possible. In our*

research we analysed the efficiency and risk of some dairy farms by applying classical Data Envelopment Analysis (DEA) and stochastic DEA models. The choice of this method is justified by the fact that there was not such an available reliable database by which production functions could have been defined, and DEA makes possible to manage simultaneously some inputs and outputs, i.e. complex decision problems. By using DEA, the sources that cause shortfall on the inefficient farms can be identified, analysed and quantified, so the corporate decision support can be supported successfully. A disadvantage of the classical DEA model is that the stochastic factors of farming cannot be treated either on the side of inputs or outputs; therefore their results can be adopted with reservations, especially in agricultural models. It may have been because of that we could meet not so many agricultural applications so far. Considering the price of inputs and outputs as probability variables we have done 1000 simulation runs in our research. As results, it can be stated that at which intervals of the input and output factors can become competitive and the fluctuation of these factors can cause what level of risk at each farm. (Keywords: stochastic DEA, efficiency, dairy enterprise, risk)

## BEVEZETÉS

A világ szarvasmarha-állománya évről-évre csökkenő tendenciát mutat, 2008-ban 1,35 milliárd egyed tartottak nyilván a *FAO* adatai szerint. Az Európai Unió szarvasmarha-állománya enyhén csökkenő tendenciát mutat. Az *Eurostat* adatai szerint 2008-ban 88 millió egyed tartottak számon. Magyarország szarvasmarha-állománya 700 ezer egyed körül mozog és ezzel Litvániával, Svédországgal, Portugáliával, Szlovákiával és Bulgáriával tartozik egy csoportba az Európai Unión belül.

Magyarországon a mezőgazdasági jellegű ágazatok a GDP-ből kb. 4%-kal részesülnek. Ezen belül a szarvasmarha-ágazat az állattenyésztésben előállított hazai összetermék (GDP) negyedét adja, a sertést és a baromfit követően a harmadik legnagyobb volumenű állattenyésztési ágazat (*Horn et al., 1995*).

A *FAO* adatai szerint a világ egy főre jutó tejfogyasztása 103,8 kg/fő/év, ami 1,3%-os növekedést mutat az előző évhez képest. Magyarország tejfogyasztása ez elmúlt néhány évben növekvő tendenciát mutat, 2005-ben 161-162 liter/fő/év körül mozgott. Ez jóval alacsonyabb az EU-27 átlagánál (253 liter/fő/év).

## ANYAG ÉS MÓDSZER

### A DEA modell

A Data Envelopment Analysis (adatcsomagolás elemzés) módszer kialakulásának kezdete *Farrel* munkásságához kapcsolható, aki egy jobb termelékenység mérésére alkalmas módszert dolgozott ki. A módszer továbbfejlesztését nagyban elősegítette a számítástechnika fejlődése, *Charnes* (1978) matematikai programozási problémaként fogalmazta újjá és a későbbiekben is töretlenül fejlődött (*Charnes, 1994; Sherman – Ladino, 1995; Cooper et al., 2004a*).

A DEA eljárásnak kétfajta megközelítést ismerjük: inputorientált (költségmentes) és outputorientált (eredményorientált). Az inputorientált szemlélet esetén azt vizsgáljuk, hogy mennyit és milyen arányban használunk fel az inputokból, hogy azonos kibocsátási szint mellett minimális legyen a költség. Az outputorientált szemléletű megközelítésben azt határozzuk meg, hogy mennyivel lehet a kibocsátások mennyiségét részlegesen növelni anélkül, hogy az inputok mennyiségét változtatnánk (*Farrel, 1957; Charnes et al., 1978*).

Ezt még tovább bonyolítja az is, hogy a hatékonyság mérésénél azt is figyelembe kell vennünk, hogy nem minden input hasznosul azonos módon: ha az erőforrások azonos beépülésével számolunk, akkor konstans rátájú megtérüléssel (CRS - Constans Return to Scale), ha nem, akkor változó rátájú (VRS – Variable Return to Scale) megtérüléssel kell számolnunk (Cooper et al., 2004a, Tibenyszkyne, 2007).

A DEA egy nemparaméteres többváltozós statisztikai eljárás, amelynek során meg tudjuk adni arra a kérdésre a választ, hogy egy gazdasági egység milyen hatékonysággal alakítja át az inputként bevitt ráfordításokat outputokká, vagyis alkalmas annak megállapítására, hogy melyik egység (üzemet, egyetemet, éttermet, stb.) rendelkezik a „legjobb gyakorlattal” (Albright és Winston, 2007). Vagyis a DEA eljárás a határhatékonyságot adja meg és a határhatékonysági görbe ismeretében megadhatóak azok a paraméterek a nem hatékony egységekre vonatkozóan, amelynek javításával elérhető az optimalitás (Tofallis, 2001; Bunkóczi és Pitlik, 1999).

### A kockázat figyelembevétele és modellezése

A DEA modellel kiválaszthatóak a 100%-os hatékonysággal működő gazdasági egységek, azonban a kapott eredmények csak a múltbeli adatokra érvényesek, a döntéseket viszont a jövőre vonatkoztatva hozzuk meg. Bár az alap determinisztikus modellel meghatározhatók a szűk keresztmetszetek - vagyis azok a tényezők, amelyeken változtatni kellene ahhoz, hogy hatékony legyen egy-egy döntéshozatali egység (DMU) -, a modell mégsem elég érzékeny. Mivel nagyon sok olyan input- és outputtényező van, melyek csak valószínűségi változóként fogalmazhatóak meg, így ezeket beépítjük a modellbe. A valószínűségi változókat különböző függvényekkel írhatjuk le: eloszlásfüggvény, sűrűségfüggvény, karakterisztikus függvény, generátorfüggvény. A modellezés során a béta-eloszlás sűrűségfüggvényét alkalmaztuk.

Az állattenyésztési telepek és a mezőgazdasági termelési folyamatok hatékonyság elemzése szimulációs módszerekkel is elvégezhető (Szőke et al., 2009; Kovács és Nagy, 2009), azonban a rendelkezésre álló adatbázis minősége nem mindig teszi lehetővé a technológiai folyamatok teljes körű leképezését. Ilyen esetekben a DEA hatékonyabb eszköz.

A sztochasztikus DEA modellek gyakorlati alkalmazását a 90-es évek elejétől kezdték el a kutatók. A sztochasztikus és a determinisztikus DEA modellek összehasonlítását és a modellek leírását több kutató is közölte már (Cooper et al., 2004b, Seiford és Zhu, 1998, Tsionas, 2003, Bruni et al., 2009). A sztochasztikus DEA modelleket sok területen alkalmazták már, pl. könyvtárak hatékonyságának mérésére (Lotfi et al., 2007), textilipari cég hatékonyságmérésére (Khodabakhshi és Asgharian, 2009), olajipari cég hatékonyságának mérésére (Sueyoshi, 2000).

### A modellezés folyamata

Kutatásunkban együttesen alkalmaztuk a DEA modellt és a Monte-Carlo szimulációt. Először felépítettük a determinisztikus modellt, majd a modell néhány változóját béta-eloszlású valószínűségi változóként kezeltük. A béta-eloszlás sűrűségfüggvénye:

$$f(x) = \frac{1}{B(\alpha, \beta)} x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1} = \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1}, \quad x \in [0, 1] \quad (1)$$

és  $f(x)=0$  egyébként. A képletben  $\Gamma(x)$  a gamma-függvény,  $B(\alpha, \beta)$  a béta-függvény valamint  $\alpha$  és  $\beta$  pozitív. Speciálisan, ha  $\alpha = 1$  és  $\beta = 1$ , akkor  $X$  a  $[0, 1]$  intervallumon vett egyenletes eloszlást követ. A béta-eloszlás sűrűségfüggvényének grafikonja  $\alpha$  és  $\beta$  különböző megválasztásával igen változatos alakot vehet fel. Az általunk valószínűségi

változóként választott változók esetén az  $\alpha$  értéke 3, a  $\beta$  értéke 5 volt, ami bal oldalon csúcsosodó, enyhén jobbra terülő függvényformát mutat. Ezt azért választottuk meg így, mert a vezetőikkel folytatott mélyinterjú során kiderült, hogy a valós értékek inkább a minimum értékekhez állnak közelebb, mint a maximumhoz. A modellezést Excel táblázatkezelővel végeztük, a béta-eloszláshoz tartozó valószínűség értékét véletlenszám generálással állítottuk elő, és ehhez számoltuk ki a béta-eloszlásfüggvény inverzét, ami tulajdonképpen a valószínűségi változó értéke adott  $\alpha$  és  $\beta$  paramétereknél, ahol a valószínűségi változó értéke az általunk becsült határok között változhat.

Az így számított béta-eloszlású változók kerültek be a DEA modellbe. A szimulációs futtatásokat 1000-szer végeztük el.

## EREDMÉNY ÉS ÉRTÉKELÉS

A modellezés során három szarvasmarhatartó telep hatékonyságát vizsgáltuk meg. A telepek egy mezőgazdasági vállalkozás tulajdonában vannak Hajdú-Bihar megyében. A modell felépítéséhez és megoldásához a gazdaság 2008. évi termelési és számviteli adatait használtuk fel. Input tényezőként vettük figyelembe a változó költségeket és az átlagos tehénlétszámot, output tényezőként a 305 napos laktációra korrigált tejtermelést, a tejminősítési adatok közül az átlagos tejszir- és tejfehérje-tartalmat, a gazdasági adatok közül a telepi árbevételeket. Az elemzés célja a vállalkozáson belül a három telep versenyképességének a vizsgálata, illetve a nem hatékonyan működő szarvasmarha telepek esetén a kritikus tényezők feltárása, az esetleges további elemzések irányának meghatározása volt. A telepi árbevételt és a változó költségeket tekintettük valószínűségi változóknak az elemzés során (1. táblázat).

### 1. táblázat

#### A modellben alkalmazott valószínűségi változók értékei

	Béta (1)	Inverz béta (2)	Legvalószínűbb érték (3)	Minimum	Maximum	Alfa (4)	Béta
<b>Árbevételre vonatkozó értékek (5)</b>							
1. telep (7)	0,695	716,959	718,855	697,290	740,421	3	5
2. telep (8)	0,073	344,234	351,626	341,077	362,175	3	5
3. telep (9)	0,364	384,207	388,762	377,099	400,425	3	5
<b>Változó költségekre vonatkozó értékek (6)</b>							
1. telep	0,445	656,491	665,000	638,40	691,60	3	5
2. telep	0,684	312,748	314,000	301,44	326,56	3	5
3. telep	0,178	370,410	379,000	363,84	394,16	3	5

Table 1. The applied probability values in the model

Beta(1), Inverse beta(2), Likeliest value(3), Alpha(4), Values for turnover(5), Values for variable costs(6), Farm 1(7), Farm 2(8), Farm 3(9)

A szimulációs futtatásokkal azt is megállapíthatjuk, hogy az árbevétel és a változó költségek ingadozása módosítja-e az alapmodell eredményeit. A DEA modell 2008. évi telepi adatainak futtatása után a harmadik telep nem volt 100%-os hatékonyságú, az első

és a második telep pedig hatékonyak bizonyult (1. ábra). Az árnyékarak elemzése további segítséget nyújt számunkra annak megválaszolására, hogy az első két telephez képest miért nem működik hatékonyan a harmadik telep. A harmadik telepre vonatkozó LP modell árnyékárai az alábbiak szerint alakulnak (2. táblázat).

### 1. ábra

#### A szarvasmarha telepek hatékonysági vizsgálatára alkalmas DEA modell

Telepkód (1)	Outputok (2)				Inputok (7)			Súlyozott output (10)	Súlyozott input (11)	Különbség (12)	DEA hatékonyság (13)
	Tej 305 nap (3)	Tejfehérje (4)	Tejzsír (5)	Tehénészet árbevétele (6)	Változó költségek (8)	Tehén-létszám (9)					
	l	%	%	M Ft	M Ft	db					
1	8 900	3,20	3,40	720	658	1 050	1,7314	1,7314	0,0000	1,0000	
2	8 480	3,10	3,41	352	310	525	0,8456	0,8456	0,0000	1,0000	
3	8 630	3,25	3,39	384	368	620	0,9238	1,0000	-0,0762	0,9238	

Súlyok (14)	0,00000	0,00000	0,00000	0,00240	0,00106	0,00098
-------------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

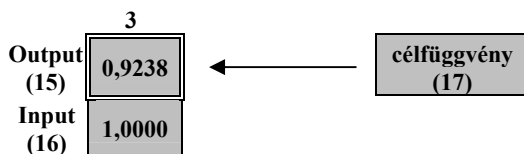


Figure 1. The DEA model suitable for undertaking efficiency analysis on dairy farms

Farm code(1), Outputs(2), Milk for 305 days (litre)(3), Milk protein (%)(4), Milk fat (%)(5), Turnover (million Ft)(6), Inputs(7), Variable costs (million Ft)(8), Number of dairy cows (heads)(9), Weighted output(10), Weighted input(11), Difference(12), DEA efficiency(13), Weights(14), Output(15), Input(16), Objective function(17)

### 2. táblázat

#### Az árnyékarak alakulása az LP modellek megoldása után

Cella (1)	Név (2)	Végérték(3)	Árnyékár (4)
\$D\$16	Input 1 (5)	1,0000	0,9341
\$L\$7	1. telep különbség (6)	0,0000	0,0565
\$L\$8	2. telep különbség (7)	0,0000	0,9900
\$L\$9	3. telep különbség (8)	-0,0659	0,0000

Table 2. Shadow prices after solving the LP models

Cell (1), Name (2), Final value (3), Shadow price (4), Input 1 (5), Farm 1 Difference (6), Farm 2 Difference (7), Farm 3 Difference (8)

A DEA szerint hatékony 1. és 2. telep árnyékárait súlyként használva „létrehozhatunk” egy olyan input és output átlagvektort, mely egy összetett, hipotetikus telepre vonatkozik. Ennek a telepnek az input és output jellemzői összehasonlíthatók a harmadik telep jelenlegi adataival, így feltárhatók a hiányosságok, ill. a hatékonyságot rontó tényezők (3. táblázat).

### 3. táblázat

#### Az árnyékarak, mint súlyok segítségével „létrehozott” összetett telep jellemzői

Telepkód (1)	Outputok (2)				Inputok (7)		Súlyok (10)
	Tej 305 nap (3)	Tejfehérje (4)	Tejzsír (5)	Tehenészet árbevétele (6)	Változó költségek (8)	Tehénlétszám (9)	
	l	%	%	M Ft	M Ft	db	
1	8900	3,20	3,40	719	665	1050	5,65%
2	8480	3,10	3,41	352	314	525	99,00%
3	8630	3,25	3,39	389	379	620	0,00%
<b>A hipotetikus telep jellemzői (11)</b>	8899	3,25	3,57	389	349	579	

Table 3. The characteristics of the composite farm 'made' by using shadow prices as weights

Farm code(1), Outputs(2), Milk for 305 days (litre)(3), Milk protein (%)(4), Milk fat (%)(5), Turnover (million Ft)(6), Inputs(7), Variable costs (million Ft)(8), Number of dairy cows (heads)(9), Weights(10), Characteristics of the composite farm(11)

A hipotetikus telepen a fedezeti hozzájárulás értéke egy tehenre vetítve 69.084 Ft, ami összehasonlítva a többi teleppel, nagyságrendileg a 2. telep fedezeti hozzájárulásával egyezik meg (72.380 Ft).

Az input tényezőknél a tehénlétszám és a változó költségeknél is egyensúlyhiány figyelhető meg a hipotetikus telep és a harmadik telep között. A tehénlétszámot és a változó költségeket egyaránt csökkenteni kell. Megfigyelhető, hogy mindezt az árbevétel csökkenése nélkül kell végrehajtani, ami feltételezi a tejtermelés és a minőségi paraméterek közül a tejzsír mennyiségének javulását is.

A szimuláció futtatása után a 1. telep minden esetben 100%-os hatékonyságúnak bizonyult, a 3. telep egyetlen esetben sem. A második telepnél 42 esetben nem volt 100%-os a hatékonyság, tehát ez a telep is hatékonynak tekinthető a költségek és bevételek változása esetén is.

A valószínűségi változók eloszlása viszonylag szabályos béta eloszlást mutat, ami azt jelzi számunkra, hogy az ezer kísérlet megfelelő volt (2. ábra).

### KÖVETKEZTETÉSEK

A fenti eredmények arra engednek következtetni, hogy a harmadik telepen jelentősebb technológiai, menedzsment, vagy állategészségügyi hiányosságok vannak. A nem hatékony telepek esetében megállapítható, hogy változatlan szintű árbevételnél költségcsökkentést hozamnövekedést és minőségjavulást is el kell érünk.

## 2. ábra

## A béta-eloszlások alakulása az árbevétel és a változó költségek alakulásában

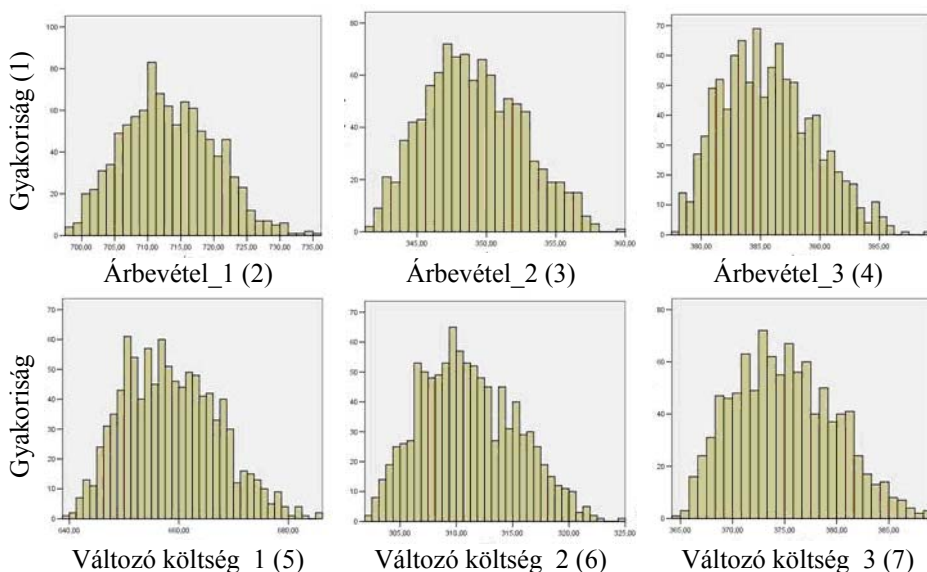


Figure 2. Beta-distributions of turnover and variable costs

Frequency(1) Turnover\_1(2), Turnover\_2(3), Turnover\_3(4), Variable costs\_1(5), Variable costs\_2(6), Variable costs\_3(7)

Habár a determinisztikus DEA modell segítségével kiszűrhetők a nem megfelelő hatékonysággal működő telepek, azonban semmilyen információnk nincs arról, hogy az input- vagy az outpüttényezők ingadozása milyen mértékben befolyásolja a jövőben a hatékonyságot. Márpedig amikor döntéseket hozunk, azokat mindig a jövőre vonatkoztatva hozzuk. Ha a determinisztikus modellt továbbfejlesztjük, abban az esetben a jövőbeli kockázatról is információkat kapunk és megalapozottabb döntéseket hozhatunk.

## IRODALOM

- Albright, S.C., Winston, W.L. (2007). Management Science Modeling. Revised Third Edition. Thomson, 184-192. p.
- Borsi B. (2005). Tudás, technológia és a magyar versenyképesség. Ph.D. értekezés, 26-30. p.
- Bunkóczi L., Pitlik L. (1999). A DEA (Data Envelopment Analysis) módszer alkalmazási lehetőségei üzemehatékonyságok mérésére. IA'99, Debrecen, 1999. augusztus 26. <http://miau.gau.hu/miau/08/dea.doc> [Letöltve: 2009. szeptember 5.]
- Bruni, M.E., Conforti, D., Beraldi P., Tundis, E. (2009). Probablisticall constrained models for efficiency and dominance. In: Int. J. Production Economics 117. 219-228. p.
- Charnes, A., Cooper, W., Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision-making units. In: European Journal of Operational Research 2. 429-444.
- Charnes, A. (1994). Data Envelopment Analysis: theory, methodology and application, Springer. Chapter 2-3. 23-62. p.

- Cooper, W.W., Seiford, L.M., Zhu, J. (2004a). Data Envelopment Analysis. International Series in Operations Research & Management Science. 71. Chapter 1. 1-39. p.
- Cooper, W.W., Deng, H., Huang, Z., Li, S.X. (2004b). Chance constrained programming approaches to congestion in stochastic data envelopment analysis. In: European Journal of Operational Research 155. 487-501. p.
- Eurostat database (2010).  
[http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search\\_database](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search_database),  
[Letöltve: 2010.01.04.]
- FAO database (2010). <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>, [Letöltve: 2010.01.04.]
- Farrel, M.J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. In: Journal of the Royal Statistical Society 120. 253-281. p.
- Fülöp J., Temesi J. (2000). A Data Envelopment Analysis (DEA) alkalmazása ipari parkok hatékonyságának vizsgálatára. Szigma 32. kötet 3-4. füzet, 85-110. p.
- Horn P. (szerk.) (1995): Állattenyésztés 1., Szarvasmarha, ló, juh. Mezőgazda Kiadó.
- Khodabakhshi, M., Asgharian, M. (2009). An input relaxation measure of efficiency in stochastic data envelopment analysis, 2010-2023. p.
- Kopasz M. (2007). Útban a versenyképesség felé. AVA3 konferencia, Debrecen, 2007. március 20-21., [www.avacongress.net/ava2007/Program\\_Booklet.pdf](http://www.avacongress.net/ava2007/Program_Booklet.pdf), [Letöltve: 2009. szeptember 5.]
- Kovács S., Nagy L. (2009). An application of Marcov chain Monte Carlo simulation. Internal Congress on the aspects and visions of applied economics and informatics (AVA4), Debrecen 1333-1338. p. pendrive enclosure ISBN 978-963-502-897
- Lotfi, F.H., Jahanshahloo, G.R., Esmaili, M. (2007). Sensitivity analysis of efficient unit sin the presence of non-discretionary inputs. In: Applied Mathematics and Computation 190. 1185-1197. p.
- Ragsdale, C.T. (2007). Spreadsheet Modeling & Decision Analysis: A Prectical Introduction to Management Science, Fifth Edition. Thomson, 102-113. p.
- Seiford, L.M., Zhu, J. (1998). Stability regions for maintaining efficiency in data envelopment analysis. In: European Journal of Operational Research 108. 127-139. p.
- Sherman, H.D., Ladino, G. (1995). Managing Bank Productivity Using Data Envelopment Analysis (DEA). In: Interfaces 25. 2. 60-80. p.
- Sueyoshi, T. (2000). Stochastic DEA for restructure strategy: an application to Japanese petroleum company. In: Omega 23. 385-398. p.
- Szőke Sz., Nagy L., Kovács S., Balogh P. (2009). Examination of pig farm technology by computer simulation. Internal Congress on the aspects and visions of applied economics and informatics (AVA4), Debrecen 1317-1325. p. pendrive enclosure ISBN 978-963-502-897
- Tibenszkyné F.K. (2007). Az oktatás hatékonyságának mérése a ZMNE 2006-ban végzett hallgatóin Data Envelopment Analysis (DEA) módszer használatával. Doktori Ph.D. értekezés, ZMNE, 149-165. p.  
[http://193.224.76.4/download/.../phd/.../tibenszkyné\\_forika\\_krisztina.pdf](http://193.224.76.4/download/.../phd/.../tibenszkyné_forika_krisztina.pdf) [Letöltve: 2009. szeptember 5.]
- Tofallis, C. (2001). Combining two approaches to efficiency assessment. In: Journal of the Operational Research Society 52. 11. 1225-1231. p.
- Tsionas, E.G. (2003). Combining DEA and stochastic frontier models: An empirical Bayes approach. In: European Journal of Operational Research 147. 499-510.
- Tóth Á. (1999). Kísérlet a hatékonyság empirikus elemzésére. MNB füzetek 1999/2, 11-33. p.



Levelezési cím (*Corresponding author*):

**Gál Tímea**

Debreceni Egyetem

Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma

Logisztikai Koordinációs Központ

4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

*University of Debrecen*

*Centre of Agricultural and Applied Economic Sciences*

*Coordination Centre for Logistics*

*H-4032 Debrecen, 138. Böszörményi str.*

Tel.: +36-52-508-538, Fax: +36-52-508-322

e-mail: [galtimea@agr.unideb.hu](mailto:galtimea@agr.unideb.hu)