



*The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library*

**This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.**

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search  
<http://ageconsearch.umn.edu>  
[aesearch@umn.edu](mailto:aesearch@umn.edu)

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

Acta oeconomica et informatica 1  
Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2011, s. 13–18

## METODOLOGICKÉ PRÍSTUPY K ANALÝZE EFEKTÍVNOSTI ZA PREDPOKLADU NEPRESNÝCH DÁT: HODNOTENIE VPLYVU IKT NA EFEKTÍVNOSŤ PODNIKOV

### METHODOLOGICAL APPROACHES TO EFFICIENCY ANALYSIS WHEN IMPRECISE DATA ARE PRESENT: ANALYSIS OF ICT IMPACT ON FIRM EFFICIENCY

Peter FANDEL, Ivo FANDEL

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

The paper presents a survey of the most effective procedures for efficiency measures calculation using data envelopment analysis when imprecise data are present (IDEA). It pays special attention to envelopment version of IDEA model (EIDEA), proposes modification of the Zhu (2003a) procedure for converting ordinal data to exact data and applies the procedure in efficiency analysis of 193 agro-food firms when impact of ICT use is taken as an efficiency factor. Analysis results by EIDEA are compared with standard CCR DEA results. The comparison shows that the standard model underestimates efficiency what seems to be a consequence of incorrect consideration of ordinal data.

**Key words:** Data Envelopment Analysis (DEA), Ordinal data, Interval data, Imprecise DEA (IDEA), Envelopment IDEA model (EIDEA)

V štandardnej metóde analýzy obalov dát (DEA) sa predpokladá, že hodnoty inputov a outputov hodnotených rozhodovacích jednotiek (podnikov) sú vyjadrené ako exaktné kvantitatívne dátá. V mnohých reálnych situáciách sa však stretávame so situáciami, keď takéto dátá z rôznych dôvodov nie sú k dispozícii. Sú však dostupné v menej presnej podobe a to bud ako kvalitativne dátá, intervalovo vyjadrené dátá, alebo dátá charakterizované poradím. Cook, Kress a Seiford (1993) boli prví, ktorí modifikovali štandardný DEA model vytvorený Charnesom, Cooperom a Rhodesom (1978) (CCR) tak, aby bolo možné použiť inputy a outputy vyjadrené namiesto kardinálnymi veličinami, veličinami ordinálnymi. Model DEA, v ktorom sú popri presných dátach prípustné aj dátá nepresné Cooper, Park a Yu vo svojej práci z roku 1999 nazvali **DEA s nepresnými dátami** (v origináli *DEA with imprecise data*, v kompaktnejšej forme *Imprecise DEA*, resp. *IDEA*). V uvedenej práci prezentujú postupy ako priamo do štandardného lineárneho modelu CCR DEA inkorporovať slabo ordinálne a intervalovo vyjadrené dátá. V podobnej práci Kim, Park a Park (1999) sa zaoberejú problémom ako použiť nielen intervalovo zadane dátá a slabo a silne ordinálne dátá, ale aj dátá vyjadrené intervalom pomerových veličín.

Všetky vyššie uvedené práce vedú k nelineárnym a nekonvexným úlohám. Zhu (2003a; 2004) ukázal, že nelineárne úlohy IDEA možno riešiť pomocou štandardného lineárneho CCR DEA modelu a to tak, že sa z nepresných dát inputových a outputových premenných identifikujú exaktné dátá. Tento postup potom umožňuje využívať všetky dostupné DEA techniky na získanie dodatočných informácií, ako je napr. klasifikácia hodnotených jednotiek podľa výnosov z rozsahu, identifikácia zdrojov neefektívnosti, identifikácia referenčných, resp. benchmarkových jednotiek a pod.

Existujúce IDEA postupy sú založené buď na multiplikátorovom DEA modeli, alebo na k nemu duálne združenom obalovom DEA modeli. Chen, Seiford a Zhu (2000) a Chen (2006) tieto postupy nazývajú multiplikátorová IDEA (MIDEA), resp. obalová (envelopment) IDEA (EIDEA).

Predkladaný príspevok prezentuje najefektívnejšie postupy hodnotenia efektívnosti podnikov za predpokladu nepresných

dát metódami IDEA a tieto ilustruje na empirickom príklade hodnotenia efektívnosti podnikov z hľadiska využívania IKT.

### Metódy

Hlavným cieľom príspevku je podať stručný výklad metód IDEA za predpokladu nepresných dát a to tak slabo ordinálnych, ako aj intervalovo zadaných. Z rôznych publikovaných postupov uvádzame postupy, ktoré sú z pohľadu výpočtov ako aj aplikácie najefektívnejšie. Čiastočným cieľom je posúdenie aplikovateľnosti všeobecných postupov IDEA pre rôzne definované ordinálne škály.

Sekundárnym cieľom je aplikovať vybrané metódy IDEA pri hodnotení efektívnosti podnikov agro-potravinárskeho rezortu z hľadiska vplyvu faktorov spadajúcich pod kategóriu informačné a komunikačné technológie.

Pri výklade princípov IDEA vychádzame z predpokladu, že analyzujeme množinu  $n$  navzájom porovnávaných rozhodovacích jednotiek  $DMU \{DMU_j; j = 1, 2, \dots, n\}$ , ktoré produkujú outputy  $y_{rj}$ , ( $r = 1, 2, \dots, s$ ) využívajúc inputy  $x_{ij}$ , ( $i = 1, 2, \dots, m$ ). Ak na hodnotenie efektívnosti rozhodovacej jednotky  $DMU_o$  použijeme CCR DEA model, potom riešime nasledovný multiplikátorový DEA model:

$$\max \pi_0 = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0}$$

za podmienok:

$$\begin{aligned} \sum_{r=1}^s u_r y_{r1} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} &\leq 0 \quad \forall j \\ \sum_{r=1}^s v_i x_{io} &= 1 \\ v_i u_r &\geq 0 \quad \forall r, i \end{aligned} \tag{1}$$

Duálnu úlohu k modelu (1) – tzv. obalový model DEA môžeme zapísť nasledovne:

$$\theta_o^* = \min \theta_o$$

za podmienok:

$$\begin{aligned} \sum_j y_{rj} \lambda_j &\geq y_{ro}, \quad r = 1, 2, \dots, s \\ -\theta_o x_{io} + \sum_j x_{ij} \lambda_j &\leq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m \\ \lambda_j &\geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (2)$$

kde:

- $x_{ij}$  –  $i$ -tý input  $j$ -tej DMU
- $y_{rj}$  –  $r$ -tý output,  $j$ -tej DMU
- $x_{io}$  –  $i$ -tý input hodnotenej DMU
- $y_{ro}$  –  $r$ -tý output hodnotenej DMU
- $u_r$  – váha (multiplikátor)  $r$ -tého outputu
- $v_i$  – váha (multiplikátor)  $i$ -tého inputu
- $\lambda_j$  – intenzitné premenné  $j$ -tej DMU
- $\theta_o^*$  – koeficient redukcie inputov – miera efektívnosti hodnotenej DMU<sub>o</sub>

Ked'  $y_{rj}$  (pre niektoré  $r$ ) a  $x_{ij}$  (pre niektoré  $i$ ) majú charakter nepresných dát, buď vo forme ordinálnych dát alebo intervalovo zadaných dát, model (1) sa stáva nelineárnu a nekonvexnou úlohou a v súlade s terminológiou zavedenou v práci Cooper et al. (1999) úlohou DEA s nepresnými dátami (IDEA).

Nepresné dátá môžu nadobudnúť nasledovnú formu:

a) **Intervalovo zadané dátá:**

$$\underline{y}_{rj} \leq y_{rj} \leq \bar{y}_{rj} \text{ a } \underline{x}_{ij} \leq x_{ij} \leq \bar{x}_{ij} \quad \text{pre } r \in BO, i \in BI \quad (3)$$

kde:

- $\underline{y}_{rj}$  a  $\bar{y}_{rj}$  – dolné hranice intervalu
- $\bar{y}_{rj}$  a  $\underline{x}_{ij}$  – horné hranice intervalu
- $BO$  a  $BI$  – reprezentujú množiny intervalovo zadaných outputov resp. inputov

b) **Slabo ordinálne dátá:**

$$y_{rj} \leq y_{rk} \leq x_{ij} \leq x_{ik} \quad \text{pre } j \neq k, r \in DO, i \in DI$$

alebo v jednoduchšej notácii:

$$y_{r1} \leq y_{r2} \leq \dots \leq y_{rk} \leq \dots \leq y_m \quad (r \in DO) \quad (4)$$

$$x_{i1} \leq x_{i2} \leq \dots \leq x_{ik} \leq \dots \leq x_{in} \quad (i \in DI) \quad (5)$$

kde:

- $DO$  a  $DI$  – reprezentujú množiny slabo ordinálnych outputov, resp. inputov

c) **Silne ordinálne dátá:**

$$y_{r1} < y_{r2} < \dots < y_{rk} < \dots < y_m, \quad (r \in SO) \quad (6)$$

$$x_{i1} < x_{i2} < \dots < x_{ik} < \dots < x_{in}, \quad (i \in SI) \quad (7)$$

kde:

- $SO$  a  $SI$  – reprezentujú množiny silne ordinálnych outputov, resp. inputov

d) **Dátá vyjadrené intervalom pomerových veličín:**

$$L_{rj} \leq \frac{y_{rj}}{y_{rj_o}} \leq U_{rj}, \quad (j \neq j_o) \quad (r \in RO) \quad (8)$$

$$G_{ij} \leq \frac{x_{ij}}{x_{ij_o}} \leq H_{ij}, \quad (j \neq j_o) \quad (ir \in RI) \quad (9)$$

kde:

$L_{rj}$  a  $G_{ij}$  – reprezentujú dolné hranice intervalu a  $U_{rj}$  a  $H_{ij}$  horné hranice intervalu

$RO$  a  $RI$  – reprezentujú množiny outputov a inputov viazaných na intervaly pomerových veličín

Ak (3) až (9) pripojíme k modelu (1), dostaneme multiplikátorový IDEA model (MIDEA podľa Chen, Seiford a Zhu, 2000 a Chen, 2006)

$$\max \pi_o = \sum_{r=1}^s u_r y_{ro}$$

za podmienok:

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad \forall j \quad (10)$$

$$\sum_{r=1}^s v_i x_{io} = 1$$

$$(x_{ij}) \in \Theta_i^-$$

$$(y_{rj}) \in \Theta_r^+$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

kde:

$(x_{ij}) \in \Theta_i^-$  a  $(y_{rj}) \in \Theta_r^+$  – reprezentujú ktorúkoľvek alebo všetky možnosti vyjadrené v (3) až (9)

Ak (3) až (9) pripojíme k modelu (2), dostaneme obalový IDEA model (EIDEA podľa Chen, Seiford a Zhu, 2000 a Chen, 2006). Model (10) je zjavne nelineárny a nekonvexný model, pretože niektoré outputy a inputy sa stali neznámymi rozhodovacími premennými. Viaceré práce, ako napr. Cooper, Park a Yu (1999) a Kim, Park a Park (1999) tento problém riešia transformáciou nelineárneho modelu na lineárny model transformáciou škály a konverziou premenných. Vzhľadom na potreby našej aplikácie sa sústredíme iba na konverziu slabo ordinálnych a intervalovo zadaných dát.

a) **Konverzia intervalovo zadaných dát na exaktné dátá**

Zhu (2003a) dokázal, že za predpokladu hodnotenia rozhodovacej jednotky  $DMU_o$  exaktne dátá môžeme získať tak, že položíme  $y_{ro} = \bar{y}_{ro}$  a  $x_{io} = \underline{x}_{io}$  pre hodnotenú  $DMU_o$  a  $y_{rj} = \underline{y}_{rj}$  a  $x_{ij} = \bar{x}_{ij}$  pre  $DMU_j$  ( $j \neq o$ ) a pritom model (10) zachováva mieru efektívnosti  $DMU_o$ . Po takejto konverzii dát model (10) už nie je nelineárny. Obalový model s intervalovo zadanými dátami má nasledovný tvar:

$$\theta_o^* = \min \theta_o$$

za podmienok:

$$-\theta_o x_{io} + \sum_{j \neq 0} \lambda_j \bar{x}_{ij} + \lambda_o \underline{x}_{io} \leq 0, \quad i \in BI$$

$$-\theta_o x_{io} + \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq 0, \quad i \notin BI$$

$$\sum_{j \neq 0} \lambda_j \underline{y}_{rj} + \lambda_o \bar{y}_{ro} \geq \bar{y}_{ro}, \quad r \in BO \quad (11)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{ro}, \quad r \notin BO$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

### b) Konverzia slabo ordinálnych dát na exaktné dátá:

V metóde konverzie slabo ordinálnych dát Zhu (2003) vychádza z predpokladu, že riešením modelu (10) pre  $DMU_k$ , keď  $\Theta_r^+$  a  $\Theta_i^+$  sú vo forme (4) a (5), získame optimálne riešenie  $y_{rj}^*$  a  $x_{ij}^*$  s optimálnou hodnotou  $\pi_k^*$ , pre ktoré platí:

$$y_{r1}^* \leq y_{r2}^* \leq \dots \leq y_{rk-1}^* \leq y_{rk}^* \leq y_{rk+1}^* \leq \dots \leq y_m^*, \quad (r \in DO) \quad (12)$$

$$x_{i1}^* \leq x_{i2}^* \leq \dots \leq x_{ik-1}^* \leq x_{ik}^* \leq x_{ik+1}^* \leq \dots \leq x_{in}^*, \quad (i \in DI) \quad (13)$$

Ak uvedené optimálne hodnoty prenásobíme kladnou konštantou  $\rho$ , potom  $\rho y_{rj}^* (r \in DO)$  a  $\rho x_{ij}^* (i \in DI)$  sú tiež optimálne hodnoty, pretože v DEA platí vlastnosť nemennosti riešenia pri zmene jednotiek premenných inputov a outputov. Preto je vždy možné položiť  $y_{rk}^* = x_{ik}^* = 1$ . Potom dostaneme množinu optimálnych riešení na slabo ordinálnych outputoch a inputoch tak, že (12) a (13) možno vyjadriť nasledovne:

$$0 \leq y_{r1}^* \leq y_{r2}^* \leq \dots \leq y_{rk-1}^* \leq y_{rk}^* (= 1) \leq y_{rk+1}^* \leq \dots \leq y_m^* \leq M, \quad (r \in DO) \quad (14)$$

$$0 \leq x_{i1}^* \leq x_{i2}^* \leq \dots \leq x_{ik-1}^* \leq x_{ik}^* (= 1) \leq x_{ik+1}^* \leq \dots \leq x_{in}^* \leq M, \quad (i \in DI) \quad (15)$$

kde:

$M$  – číslo blízke  $+\infty$  (alebo iné vhodne zvolené číslo)

Pre outputy a inputy takto upravené na slabo ordinálne množiny definujeme nasledovné intervale:

$$y_{rj} \in [0, 1] \text{ a } x_{ij} \in [0, 1] \text{ pre } DMU_j \quad (j = 1, \dots, k-1) \quad (16)$$

$$y_{rj} \in [1, M] \text{ a } x_{ij} \in [1, M] \text{ pre } DMU_j \quad (j = k+1, \dots, n) \quad (17)$$

Vychádzajúc z teoretických záverov práce Zhu (2003a) vieme, že pre  $(r \in DO)$  a  $(i \in DI)$ ,  $\pi_k^*$  zostáva nezmenené a (16) a (17) sú splnené ak:

$$y_{rk} = x_{ik} = 1 \text{ pre } DMU_k \quad (18)$$

$$y_{rj} = 0 \text{ (dolnej hranici } y_{rj}^-), x_{ij} = 1 \text{ (hornej hranici } x_{ij}^+) \quad (19)$$

pre  $DMU_j \quad (j = 1, \dots, k-1)$

$$y_{rj} = 1 \text{ (dolnej hranici } y_{rj}^-), x_{ij} = M \text{ (hornej hranici } x_{ij}^+) \quad (20)$$

pre  $DMU_j \quad (j = k+1, \dots, n)$

**Tabuľka 1** Základné štatistické charakteristiky premenných

	Outputová premenná (1)	Inputové premenné (2)			
		Hosp_sit (3)	PC_celkom (4)	%_zam_s_PC (5)	Inv_IKT (6)
		ordinálna (7)	kardinálna (8)	intervalová (9)	intervalová (9)
Minimum	1	1	1	–	–
Maximum	5	160	10,33	–	–
Priemer (10)	3,68	10,33	30,62	56735,75	
Medián	4	6	21,43 ~ (20–40)	47,38 ~ (20–50)	
Modus	4	3	13,53 ~ (0–20)	47600 ~ (20–50)	

**Table 1** Descriptive statistics of variables

(1) output variable, (2) input variables, (3) firm prosperity, (4) number of PCs, (5) percentage of employees working with PC, (6) ICT investments, (7) ordinal, (8) cardinal, (9) bounded, (10) mean

## Výsledky a diskusia

V príspevku aplikujeme postupy IDEA v analýze vplyvu využívania informačných a komunikačných technológií na efektívnosť 193 agro-potravinárskych podnikov Slovenska. V analýze skúmame, aký má vplyv počet používaných počítačov, podiel pracovníkov využívajúcich počítače, a vynaložené investície na IKT na hospodársku situáciu v podniku. Zdrojom dát je dotazníkový prieskum Katedry informatiky (VEGA 1/4636/07 „Informatičná stratégia podniku v agropotravinárskom sektore), v ktorom boli použité štandardné dotazníkové postupy. Odporúča na otázky formulované v dotazníku sú v závislosti od typu otázky požadované buď ako kardinálne dátá, nominálne dátá, dichotomické dátá, intervalové dátá, alebo ordinálne dátá Likertovej škály s prevahou posledne troch menovaných. V tomto príspevku uvádzame iba základné výsledky analýzy, v ktorej sme použili štyri premenné.

Ako outputová premenná bola použitá premenná *Hospodárska situácia v podniku (Hosp\_sit)*. Vzhľadom na neochutu podnikov poskytovať konkrétnie informácie vo forme kardinálnych veličín, pre hodnotenie hospodárskej situácie bola zvolená nasledovná ordinálna Likertova škála: (1) Veľmi dobrá, (2) Dobrá, (3) Ani dobrá, ani zlá, (4) Skôr zlá, (5) Zlá.

V analýze boli použité tri inputové premenné: *Celkový počet PC v podniku (PC\_celkom)*, *Percento zamestnancov využívajúcich PC (%\_zam\_s\_PC)* a *Investície do IKT (Inv\_IKT)*.

Premenná *PC\_celkom* je premenná s kardinálnymi hodnotami. Premenné *%\_zam\_s\_PC* ako aj premenná *Inv\_IKT* patria medzi nepresné premenné, nakoľko ich hodnoty sú vyjadrené intervalovo. Použité intervale, ako aj početnosť podnikov v jednotlivých intervaloch uvádzajú tabuľka 2, základné charakteristiky premenných sú vyjadrené v tabuľke 1.

**Tabuľka 2** Intervalové inputové premenné – použité intervale a početnosti podnikov v intervaloch

%_zam_s_PC (1)		Inv_IKT v tis. Sk/rok (2)	
Interval	n	Interval	n
(0–20]	94	(0–20]	40
(20–40]	49	(20–50]	63
(40–70]	25	(50–100]	61
(70–100]	25	(100–]	29
Spolu (3)	193	Spolu (3)	193

**Table 2** Input variables with bounded data – bounds and firm distribution  
(1) percentage of employees working with PC, (2) ICT investments in 1 000 SKK per year, (3) total

Ak by sa outputová premenná  $Hosp\_sit$  použila v DEA analýze štandardne, znamenalo by to, že poradové číslo 4 vyjadruje dvojnásobne horšiu hospodársku situáciu ako je situácia vyjadrená ordinálou hodnotou 2. Z Likertovej škály toto však nevyplýva a preto je potrebné ordinálne hodnoty prekonvertovať na exaktné veličiny. V ďalšom texte ukážeme konverziu slabo ordinálnych dát outputovej premennej  $Hosp\_sit$  podľa pravidiel (18), (19) a (20). Tieto pravidlá schematicky možno vyjadriť pre  $k$ -tú rozhodovaciu jednotku  $DMU_k$  nasledovne:

**Tabuľka 3** Schéma pre konverziu slabo ordinálnych dát na exaktné dátá pre  $DMU_k$  podľa (18)–(20)

Ordinálna škála ( $j$ ) (1)	Outputy $y_{ij}$ (2)	Inputy $x_{ij}$ (3)
1	0	1
2	0	1
...	...	...
$k-1$	0	1
$k$	1	1
$k+1$	1	M
...	...	...
$n$	1	M

**Table 3** Scheme for conversion of weak ordinal data to exact data for  $DMU_k$  following (18)–(20)  
(1) ordinal scale, (2) outputs, (3) inputs

Pri aplikácii pravidiel (18)–(20) si treba uvedomiť, že i po konverzii ordinálnych dát na exaktné tieto musia byť v súlade so základnými preferenčnými pravidlami DEA, t. j. že outputy mu-

**Tabuľka 4** Upravená schéma pre konverziu slabo ordinálnych dát na exaktné dátá pre  $DMU_k$

Ordinálna škála ( $j$ ) (1)	Exaktné outputy $y_{ij}$ (2)	Ordinálna škála ( $j$ ) (1)	Exaktné inputy $x_{ij}$ (3)
$n$ (najlepší output) (4)	0	1 (najlepší input) (5)	1
$n-1$	0	2	1
...	...	...	...
$k+1$	0	$k-1$	1
$k$	1	$k$	1
$k-1$	1	$k+1$	M
...	...	...	...
2	1	$n-1$	M
1 (najhorší output) (6)	1	$n$ (najhorší input) (7)	M

**Table 4** Adapted scheme for conversion of weak ordinal data to exact data for  $DMU_k$   
(1) ordinal scale, (2) exact outputs, (3) exact inputs, (4) best output, (5) best input, (6) worst output, (7) worst input

**Tabuľka 5** Vybrané dátá pre IDEA model

Podnik (1)	$Hosp\_sit$ (2)	$PC\_celkom$ (3)	%_zam_s\_PC (4)		Inv_IKT (5)	
			dolná hranica (6)	horná hranica (7)	dolná hranica (6)	horná hranica (7)
1	5	4	0	20	20	50
6	3	4	0	20	20	50
70	4	49	20	40	50	100
143	2	10	0	20	0	20
193	1	6	0	20	20	50

Pozn.: Ordinálne dátá v stĺpci  $Hosp\_sit$  sú teraz zo škály: 5 – veľmi dobrá hospodárska situácia až 1 – zlá hospodárska situácia  
Note: Ordinal data in column  $Hosp\_sit$  are now within the scale: from 5 – very good prosperity to 1 – very low prosperity

**Table 5** Selected data for IDEA model  
(1) firm, (2) firm prosperity, (3) number of PCs, (4) percentage of employees working with PC, (5) ICT investments, (6) lower bound, (7) upper bound

**Tabuľka 6** Konvertované ordinálne dátá  $Hosp\_sit$  na exaktné dátá

$Hosp\_sit$ (1)	Hodnotený podnik ( $DMU_k$ ) (2)				
	1	6	70	143	193
$y_{1,2}$	200	200	200	200	200
$y_{1,6}$	0	200	0	200	200
$y_{1,70}$	0	200	200	200	200
$y_{1,143}$	0	0	0	200	200
$y_{1,193}$	0	0	0	0	200

Pozn.: V súlade s (16) a (17) konvertujeme ordinálne hodnoty na dve exaktné hodnoty: M a 0. M = 200 bolo zvolené približne vo veľkosti počtu hodnotených podnikov

Note: Following (16) and (17) we convert ordinal values to two exact values: M and 0. M was put equal to 200, what is approximately the number of DMUs

**Table 6**  $Hosp\_sit$  ordinal data converted to exact data  
(1) firm prosperity, (2) firm under evaluation

sia byť v súlade s pravidlom rastúcej preferencie (čím viac, tým lepšie), a naopak inputy v súlade s pravidlom klesajúcej preferencie (čím menej tým lepšie). Pravidlá (18)–(20) Zhu (2003a) formuloval bez zohľadnenia uvedených pravidiel. Takže ak vyhádzame z predpokladu, že poradie  $j = 1$  je priradené najlepšiemu, t. j. najvyššiemu outputu a najlepšiemu, t. j. najnižšiemu inputu, a naopak poradie  $j = n$  najhoršiemu (najnižšiemu) outputu a najhoršiemu (najvyššiemu) inputu, potom preferenčné pravidlo je splnené v tabuľke 3 iba pre inputy. Konvertované hodnoty inputov s lepším ako  $k$ -tým poradím dominujú konvertované hodnoty s poradím  $k+1, \dots, n$ . Pravidlo preferencie však neplatí pre outputy, pretože konvertované exaktné outputy

s poradím lepším ako  $j = k$  sú dominované outputmi z horších poradí. Tento nesúlad možno napraviť tým, že definujeme najlepšie a najhoršie poradie osobitne pre outputy a osobitne pre inputy. Najlepšie poradie pre inputy musí byť  $j = 1$  (najhoršie pre outputy) a najlepšie poradie pre outputy musí byť  $j = n$  (najhoršie pre inputy). Toto pravidlo je ad hoc naznačené v Chen a Zhu (in Zhu a Cook eds., 2007) v referencii na staršiu prácu Kim, Park a Park (1999).

S ohľadom na uvedené navrhujeme nasledovné schému pre konverziu slabo ordinálnych dát (tabuľka 4).

Konverzii ilustrujeme na piatich podnikoch vybraných z databázy 193 podnikov. Pôvodné dátá sú uvedené v tabuľke 5. Konvertované dátá uvádzajú tabuľka 6.

Aplikáciou vyššie uvedeného postupu konverzie ordinálnych dát a konverzii intervalovo zadaných dát podľa (11) úloha pre výpočet miery technickej efektívnosti pre podnik č. 70 má nasledovný tvar:

$$\theta_{70}^* = \min \theta_{70}$$

za podmienok:

*PC\_celkom:*

$$-490\lambda_70 + 4\lambda_1 + \dots + 4\lambda_6 + \dots + 49\lambda_{70} + \dots + 10\lambda_{143} + \dots + 6\lambda_{193} \leq 0$$

*%\_zam\_s\_PC:*

$$-00\lambda_{70} + 20\lambda_1 + \dots + 20\lambda_6 + \dots + 40\lambda_{70} + \dots + 20\lambda_{143} + \dots + 20\lambda_{193} \leq 0$$

*Inv\_IKT:*

$$-200\lambda_{70} + 50\lambda_1 + \dots + 50\lambda_6 + \dots + 100\lambda_{70} + \dots + 20\lambda_{143} + \dots + 50\lambda_{193} \leq 0$$

*Hosp\_sit:*

$$200\lambda_1 + \dots + 0\lambda_6 + \dots + 200\lambda_{70} + \dots + 0\lambda_{143} + \dots + 0\lambda_{193} \geq 200 \\ \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{193} \geq 0$$

Pre obmedzéný rozsah príspevku uvedieme výsledky iba za vybrané podniky. V tabuľke 7 uvádzame porovnanie miery technickej efektívnosti získaných aplikáciou modelu EIDEA s mierami získanými aplikáciou štandardného CCR DEA modelu. V oboch modeloch sa predpokladajú konštantné výnosy z rozsahu. Súčasťou tabuľky sú aj základné štatistické charakteristiky za celý súbor  $n = 193$  podnikov.

**Tabuľka 7** Porovnanie miery technickej efektívnosti EIDEA a CCR DEA

Podnik (1)	Miery technickej efektívnosti (2)	
	EIDEA	CCR DEA
1	1	1
6	1	0,6
70	1	0,29
143	1	0,5
193	1	0,2
Priemer ( $n = 193$ ) 3	0,95	0,56
Minimum ( $n = 193$ )	0,29	0,12
Maximum ( $n = 193$ )	1,00	1,00
Štandard. odchýlka ( $n = 193$ ) (4)	0,14	0,28
Podiel efektívnych podnikov v % (5)	88,60 %	8,81 %

**Table 7** Comparison of EIDEA and CCR DEA technical efficiency scores  
(1) firm, (2) technical efficiency scores, (3) mean, (4) standard deviation,  
(5) share of efficient firms

Ako je zrejmé z porovnania, EIDEA model dáva vyššie miery efektívnosti, ako aj vyšší podiel efektívnych podnikov ako CCR DEA model. Toto vyplýva predovšetkým z korektného zohľadnenia ordinality outputových dát. Rozdiely naznačujú k akým skresleným výsledkom môže dôjsť aplikovaním štandardného DEA modelu pri prítomnosti ordinálnych, ako aj ostatných typov nepresných dát.

## Záver

V ostatných tridsiatich rokoch sa DEA stala jednou z najrýchlejšie sa rozvíjajúcich vedných disciplín operačného výskumu. Jej aplikáčne možnosti sa značne rozšírili hlavne po vyvinutí množstva modifikácií, ktoré umožňujú analyzovať problémy so špecifickými vlastnosťami. Osobitnou triedou modifikácií modelov DEA sú modely umožňujúce pracovať s nepresnými dátami. Väčšina modelov tejto triedy je založená na formulácii nelineárnych modelov. Aplikačne atraktívnejšie sú však modely lineárne, ktoré umožňujú využívať väčšinu doteraz vyvinutých analytických techník štandardných modelov DEA. V predkladanom príspevku sú prezentované najefektívnejšie lineárne postupy pre hodnotenie efektívnosti rozhodovacích jednotiek za prítomnosti nepresných dát a to vo forme ordinálnych a intervalovo zadaných dát. V práci je navrhnutá modifikácia metódy Zhu (2003a) konverzie ordinálnych dát na exaktné dátá. Model EIDEA s modifikovanou procedúrou je aplikovaný v analýze efektívnosti 193 agro-potravinárskej podnikov z hľadiska vplyvu informačných a komunikačných technológií. Komparácia výsledkov modelu EIDEA s výsledkami modelu CCR DEA v závere práce ukazuje na významné rozdiely v mierach efektívnosti, čo je argumentom pre aplikáciu špecifického modelu v záujme vyvarovania sa skreslených výsledkov.

## Súhrn

Príspevok prezentuje výber najefektívnejších postupov pre výpočet miery efektívnosti podnikov metódou analýzy dátových obalov za predpokladu nepresných dát (IDEA). Podrobnejšie sa venuje aplikácii obalovej verzie modelu IDEA (EIDEA), navrhuje úpravu postupu konverzie ordinálnych dát na exaktné dátá navrhnutého v Zhu (2003a) a model EIDEA spolu s navrhnutým postupom aplikuje na hodnotenie efektívnosti 193 agro-potravinárskej podnikov z hľadiska využívania IKT. Výsledky analýzy modelom EIDEA sú komparované so štandardným modelom CCR DEA. Porovnanie ukazuje, že štandardný model podhodnocuje miery efektívnosti, čo je zrejme dôsledkom nekorektného zohľadnenia ordinálnych dát.

**Kľúčové slová:** analýza dátových obalov, ordinálne dátá, intervalové dátá, DEA s nepresnými dátami (IDEA), obalový model IDEA (EIDEA)

Tento príspevok je publikovaný s podporou projektu VEGA č. 1/0893/10, 2010–2012: Analýza horizontálnej integrácie polnohospodárskych podnikov s využitím kvantitatívnej teórie efektívnosti.

## Literatúra

COOK, W. D. – KRESS, M. – SEIFORD, L. M. 1993. On the use of ordinal data in data envelopment analysis. In: Journal of the Operational Research Society 44, p. 133–140.

- COOK, W. D. – KRESS, M. – SEIFORD, L. M. 1996. Data envelopment analysis in the presence of both quantitative and qualitative factors. In: *Journal of the Operational Research Society* 47, p. 945–953.
- COOK, W. D. – ZHU, J. 2005. Rank order data in DEA: A general framework. In: *European Journal of Operational Research* 174, p. 1021–1038.
- Cooper, W. W. – Park, K. S. – Yu, G. 1999. IDEA and AR-IDEA: Models for dealing with imprecise data in DEA. In: *Management Science* 45, p. 597–607.
- COOPER, W. W. – PARK, K. S. – YU, G. 2001a. An illustrative application of IDEA (imprecise data envelopment analysis) to a Korean mobile telecommunication company. In: *Operations Research* 49, p. 807–820.
- COOPER, W. W. – PARK, K. S. – YU, G. 2001b. IDEA (imprecise data envelopment analysis) with CMDs (column maximum decision making units). In: *Journal of the Operational Research Society* 52, p. 176–181.
- DESPOTIS, D. K. – SMIRLIS, Y. G. 2002. Data envelopment analysis with imprecise data. In: *European Journal of Operational Research* 140, p. 24–36.
- HENNYEYOVÁ, K. – DEPEŠ, P. 2010. Analysis of the exploitation of information and communication technologies in the agri-food sector companies. In: *Agricultural Economics – Czech*, vol. 56, 2010, no. 9, p. 403–408. ISSN 0139-570X.
- HENNYEYOVÁ, K. – HALLOVÁ, M. 2010. Atribúty budovania informačnej stratégie v podnikoch agrosektora. In: *Acta oeconomica et informatica*, roč. 13, 2010, č. 1, s. 8–11. ISSN 1335-2571
- CHEN, Y. 2007. Imprecise DEA – Envelopment and multiplier model approaches. Asia-Pacific. In: *Journal of Operational Research*, 24, p. 279–291.
- CHEN, Y. – SEIFORD, L. M. – ZHU, J. 2000. Imprecise data envelopment analysis, Unpublished paper, Worcester : Worcester Polytechnic Institute, MA, 2000
- KIM, S. H. – PARK, C. G. – PARK, K. S. 1999. An application of data envelopment analysis in telephone offices evaluation with partial data. In: *Computers & Operations Research*, 26, p. 59–72.
- PARK, K. S. 2007. Efficiency bounds and efficiency classifications in DEA with imprecise data. In: *Journal of the Operational Research Society* 58, p. 533–540.
- ZHU, J. 2003a. Imprecise data envelopment analysis (IDEA): A review and improvement with an application. In: *European Journal of Operational Research* 144, p. 513–529.
- ZHU, J. 2003b. Efficiency evaluation with strong ordinal input and output measures. In: *European Journal of Operational Research* 146, p. 477–485.
- ZHU, J. 2004. Imprecise DEA via standard linear DEA models with a revisit to a Korean mobile telecommunication company. In: *Operations Research* 52, p. 323–329.
- ZHU, J. – COOK, W. D. Eds. 2007. Modeling Data Irregularities and Structural Complexities in Data Envelopment Analysis. In: Springer Science, 2007

#### Kontaktná adresa:

doc. Ing. Peter Fandel, CSc., Katedra štatistiky a operačného výskumu, FEM SPU Nitra, A.Hlinku 2, 949 76 Nitra, e-mail: Peter.Fandel@uniag.sk  
 Ing. Ivo Fandel, Katedra informatiky, FEM SPU Nitra, A.Hlinku 2, 949 76 Nitra, e-mail: Ivo.Fandel@fem.uniag.sk

Acta oeconomica et informatica 1  
Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2011, s. 18–24

## ANALÝZA ŠKOLSKÉHO MLIEČNEHO PROGRAMU THE ANALYSIS OF SCHOOL MILK PROGRAMME

Zuzana KAPSDOREROVÁ, Iveta UBREŽIOVÁ, Zuzana POGRANOVÁ

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

The main objective of the paper is to evaluate the contribution of School Milk Programme (SMP) in the Slovak Republic and find out the reasons of low participation of preschool and school facilities in the Nitra Self-governing Region. Lately, the number of preschool and school facilities involved in the SMP has been increasing. However, reported consumption quantities reached only 30% of the total amount which could have been consumed by children and youth under the program. In the research, four sub-objectives were defined. The first sub-objective identifies changes in SMP legislation and their impact on preschool and school educational facilities. The role of the other sub-objectives is to determine the reasons for the low consumption of milk and dairy products under SMP, to assess the assortment of offered milk and dairy products, issues of communication and organization and to propose measures leading to the elimination of problems and improvement of the current situation.

**Key words:** school milk programme, consumption of milk and dairy products, European support, eating habits of children and youth

Spotreba mlieka a mliečnych výrobkov zaznamenala v deväťdesiatych rokoch 20. storočia v členských štátach EÚ priemerne 20% pokles na osobu a rok. Rovnakú tendenciu mala spotreba mlieka a mliečnych výrobkov aj v Slovenskej republike, pričom kritická je spotreba mlieka a mliečnych výrobkov u detí navštievujúcich predškolské a školské zariadenia. Medzi primárne faktory, ktoré pravdepodobne výrazným spôsobom ovplyvnili klesajúcu spotrebu mlieka a mliečnych výrobkov

v SR možno zaradiť pokles detskej populácie, zmenu v spotrebiteľských návykoch, cenu mlieka a mliečnych výrobkov ako aj nedostatočnú podporu spotreby na národnej úrovni. Tieto dôvody viedli predstaviteľov EÚ k zavedeniu nového trhového opatrenia jednotnej spoločnej organizácie trhu o poskytovaní pomoci na podporu spotreby mlieka a mliečnych výrobkov, ktoré vyplýva z nariadenia Rady (ES) č. 657/2008.