VYUŽITÍ ANALÝZY OBALU DAT PRO HODNOCENÍ EFEKTIVNOSTI ČESKÝCH NEMOCNIC¹

Martin Dlouhý, Josef Jablonský, Ivana Novosádová, Vysoká škola ekonomická v Praze

1. Úvod

Efektivnost či neefektivnost využití veřejných prostředků ve zdravotnictví je tématem politiků a ekonomů ve všech vyspělých zemích, Českou republiku nevyjímaje. Jedním z obvyklých cílů zdravotní politiky je v této souvislosti zvyšování efektivity na straně poskytovatelů zdravotnických služeb, tj. nemocnic, léčeben, soukromých ambulancí a dalších typů zdravotnických zařízení. V tomto příspěvku se budeme zabývat jedním z možných modelových přístupů pro kvantitativní ekonomickou analýzu a hodnocení efektivity a její aplikací na hodnocení efektivity českých nemocnic. Tímto přístupem jsou modely analýzy obalu dat, které patří v posledních letech při hodnocení efektivity produkčních jednotek k nejčastěji používaným.

Používaným nástrojem pro hodnocení efektivity nejsou v manažerské praxi metody kvantitativní ekonomické analýzy, včetně analýzy obalu dat, ale různé poměrové ukazatele vycházející ze standardních výkazů firmy. Nevýhodou těchto nástrojů oproti analýze obalu dat je však skutečnost, že postihují pouze dva či několik málo faktorů, které mají vliv na celkovou efektivity dané jednotky. Je zřejmé, že efektivity, výkonnost a produktivita jsou pojmy, které typicky závisí na celé řadě charakteristik. Tyto charakteristiky jsou velmi různorodé a mohou být dány v různých jednotkách. Může se jednat o finanční charakteristiky, počet zaměstnanců, plochu, kterou má jednotka k dispozici, různé kvalitativní ukazatele apod. Agregovat tyto údaje je často velmi obtížné, ne-li nemožné, a to i v případě, že by se jednalo o charakteristiky ve stejném vyjádření, například finančním.

Analýza obalu dat (Data Envelopment Analysis, zkráceně DEA) vychází z předpokladu, že důležitou podmínkou zvyšování výkonnosti je měření efektivity produkčních jednotek a identifikace zdrojů neefektivity. Pod pojmem produkční jednotka přitom můžeme obecně rozumět jakoukoli jednotku, která vytváří určité výstupy, na jejichž produkci spotřebovává určité vstupy. Takovými jednotkami mohou být průmyslové podniky, bankovní pobočky, nemocnice, lékaři, střední školy, univerzity apod. Obecně může jít o jakékoliv homogenní jednotky, provádějící stejnou nebo podobnou aktivitu.

Ve zdravotnictví je analýza obalu dat populární zejména pro svou schopnost pracovat s vícenásobnými vstupy a výstupy bez nutnosti znalosti cen, které jsou v tomto nedokonalém tržním prostředí často stanoveny administrativně, nebo dokonce v některých případech ani neexistují. V přehledové publikaci (Hollingsworth, 2003)

1 Článek vznikl s podporou grantového projektu GA ČR č. 402/06/0150 Kvantitativní modely pro analýzu ekonomické efektivity v prostředí nedokonalých trhů.

bylo shrnuto celkem 188 článků o hodnocení efektivnosti ve zdravotnictví. Podle této přehledové studie převládala v odborné literatuře analýza obalu dat, která samotná byla použita v 50 % studií, autoři zhruba čtvrtiny studií použili regresní analýzu na míry efektivnosti získané předtím aplikací analýzy obalu dat. Cílem takových studií je odhalit hlavní vnější faktory, které ovlivňují efektivnost jednotek, jako je druh vlastnictví, poloha apod. Stochastická analýza produkční hranice a jiné parametrické metody byly použity ve 12 % studií, tzv. Malmquistův index, který měří vývoj efektivnosti v čase, byl aplikován v 9 % článků. Pro hodnocení efektivnosti českých nemocnic byla analýza obalu dat využita v minulosti například ve studii Dlouhý a Pánková (2003), v níž autoři hodnotili vývoj efektivnosti nemocnic bývalého Západočeského kraje v průběhu čtyř let (1996–1999). Vývoj efektivnosti byl však v dané studii připisován spíše zásadním změnám regulačních mechanismů v úhradě poskytnuté zdravotní péče než skutečné změně efektivnosti. Ve studii Dlouhý (2001) se autor pokusil formulovat teoretický model restrukturalizace odvětví tak, že neznalost cen nahradil mírou efektivnosti získanou z analýzy obalu dat. Teoretický model restrukturalizace byl ilustrován na redukci nemocničních služeb bývalého Východočeského kraje.

Cílem tohoto článku je ukázat a diskutovat možnosti aplikací modelů analýzy obalu dat při hodnocení českých nemocnic. V následujícím oddílu jsou matematicky formulovány základní modely analýzy obalu dat a naznačeny možnosti, které při analýzách efektivnosti souboru jednotek poskytují. Třetí část článku je věnována popisu datového souboru vzorku českých nemocnic, který byl použit při dalších experimentech. Čtvrtý oddíl diskutuje výsledky, získané aplikací vybraných modelů analýzy obalu dat na daném vzorku nemocnic. Závěrečná část sumarizuje získané výsledky a diskutuje možnosti širšího používání modelových přístupů při hodnocení efektivnosti a výkonnosti zdravotnických zařízení.

2. Matematická formulace modelů analýzy obalu dat

Uvažujme, že máme soubor homogenních produkčních jednotek $U_1, U_2, \dots, U_n$. V tomto příspěvku budou produkčních jednotky představovat nemocnice. Každá z jednotek produkuje r výstupů a přitom spotřebovává m vstupů. Označme $X = \{x_{ij}, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n\}$ matici vstupů a podobně $Y = \{y_{ij}, i = 1, 2, \dots, r, j = 1, 2, \dots, n\}$ matici výstupů. Vstupy a výstupy jednotky U_q obsahuje tedy q -tý řádek matic X a Y . Míru efektivnosti této jednotky můžeme vyjádřit obecně jako poměr váženého součtu vstupů ku váženému součtu výstupů:

$$\frac{\text{vážený součet výstupů}}{\text{vážený součet vstupů}} = \frac{\sum_i u_i y_{iq}}{\sum_j v_j x_{jq}}, \quad (1)$$

kde $v_j, j = 1, 2, \dots, m$ jsou váhy přiřazené j -tému vstupu a $u_i, i = 1, 2, \dots, r$ jsou váhy přiřazené i -tému výstupu. Váhy nejsou známy a v modelu vystupují jako proměnné. Kdybychom váhy (ceny) vstupů a výstupů znali, mohli bychom určit efektivnost přímo ve finančním vyjádření a analýzu obalu dat bychom nepotřebovali.

Filozofie modelů DEA spočívá v tom, že se při hodnocení efektivnosti produkční jednotky U_q maximalizuje její míra efektivnosti (1) při respektování podmínky, že míra

efektivnosti všech ostatních jednotek daného souboru nemůže být větší než 1 (resp. 100 %). Váhy všech vstupů a výstupů musí být přitom větší než nula tak, aby byly všechny uvažované charakteristiky v modelu zahrnuty. Takový model lze formulovat jako úlohu lineárního lomeného programování následovně:

$$\begin{aligned} &\text{maximalizovat} && \frac{\mu_i y_{iq}}{\sum_j v_j x_{jq}} \\ &\text{za podmíněk} && \frac{\mu_i y_{ik}}{\sum_j v_j x_{jk}} \leq 1, \quad k = 1, 2, \dots, n, \\ &&& \mu_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, r, \\ &&& v_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, m, \end{aligned}$$

kde μ_i je infinitezimální konstanta, která zaručuje, že vypočtené váhy vstupů a výstupů jsou větší než nula. Uvedená úloha může být snadno převedena na standardní úlohu lineárního programování. V maticovém vyjádření má upravený model následující tvar:

$$\begin{aligned} &\text{maximalizovat} && z = u^T Y_q \\ &\text{za podmíněk} && v^T X_q = 1, \\ &&& u^T Y - v^T X = 0, \\ &&& u \geq 0, \\ &&& v \geq 0. \end{aligned} \tag{2}$$

Model (2) se často označuje jako primární CCR model (zkratka z počátečních jmen autorů Charnes, Cooper, Rhodes). Z výpočetního hlediska může být výhodné pracovat s modelem, který je duálně sdružený k modelu (2):

$$\begin{aligned} &\text{minimalizovat} && f = (e^T s^+ + e^T s^-) \\ &\text{za podmíněk} && Y - s^+ = Y_q, \\ &&& X + s^- = X_q, \\ &&& s^+, s^- \geq 0, \end{aligned} \tag{3}$$

kde $e = (1, 1, \dots, 1)$, 0 je vektor vah přiřazený jednotlivým produkčním jednotkám, s^+ a s^- jsou vektory přídatných proměnných v omezeních pro vstupy a výstupy, θ je skalární proměnná, která měří potřebnou redukci vstupů pro dosažení efektivní hranice, $e^T = (1, 1, \dots, 1)$ je jednotkový vektor a μ_i je infinitezimální konstanta. Interpretace modelu (3) může být následující. Při hodnocení jednotky U_q se model pokouší najít virtuální jednotku charakterizovanou vstupy X a výstupy Y , které jsou lineární kombinací vstupů a výstupů ostatních jednotek daného souboru, a které jsou lepší (nebo přesněji nejsou horší) než vstupy a výstupy hodnocené jednotky U_q . Pro vstupy virtuální jednotky musí tedy platit $X \leq X_q$ a $Y \geq Y_q$. Jednotka U_q je označena za efektivní, pokud virtuální jednotka s uvedenými vlastnostmi neexistuje, resp. virtuální

jednotka je totožná s hodnocenou jednotkou, tzn. platí $X = X_q$ a $Y = Y_q$. Při řešení modelu (3) se tato skutečnost projeví tak, že platí:

- hodnota proměnné je rovna jedné,
- hodnoty všech přídatných proměnných s^+ a s jsou rovny nule.

Jednotka U_q je tedy CCR efektivní, pokud je optimální hodnota účelové funkce modelu (3) rovna jedné. V opačném případě jednotka efektivní není. Optimální hodnota účelové funkce f^* se označuje jako míra efektivnosti hodnocené jednotky. Je evidentní, že čím nižší je tato míra, tím méně je hodnocená jednotka efektivní v rámci uvažovaného souboru jednotek. U neefektivních jednotek je zpravidla proměnná menší než jedna. Tato hodnota potom ukazuje potřebu proporcionálního snížení (tedy zlepšení) vstupů tak, aby se jednotka U_q stala efektivní. Výrazným rysem a výhodou DEA modelů není tedy pouze to, že umožňují získat odhad míry efektivnosti pro jednotky daného souboru a na základě této míry jednotky uspořádat, ale především skutečnost, že poskytují rozhodovateli informace o tom, jakým způsobem by se mělo zlepšit chování hodnocené jednotky tak, aby se tato jednotka stala efektivní.

Formulace (2) a (3) představují modely analýz obalu dat, které jsou orientované na vstupy, tj. cílem je zjistit, jakým způsobem zlepšit vstupní charakteristiky hodnocených jednotek tak, aby se jednotky staly efektivními. Analogicky lze formulovat modely orientované na výstupy, jejichž cílem je maximalizace výstupů při daných vstupech. Duální formulace (3) se případě modelu orientovaného na výstupy modifikuje následovně:

$$\begin{aligned} \text{maximalizovat} \quad & g = \quad + (e^T s^+ + e^T s) \\ \text{za podmíněk} \quad & Y \quad s^+ = Y_q, \\ & X \quad + s = X_q, \\ & , s^+, s \quad 0. \end{aligned} \tag{4}$$

Interpretace výsledků modelu (4) je v podstatě podobná, jako tomu bylo u předcházejícího modelu. Jednotka U_q je efektivní, pokud je optimální hodnota účelové funkce $g^* = 1$. Je-li tato hodnota větší než jedna, jednotka efektivní není a proměnná zde vyjadřuje potřebu proporcionálního navýšení výstupů pro dosažení efektivnosti. Pro optimální řešení CCR modelů (3) a (4) platí, že hodnoty účelových funkcí jsou převrácené hodnoty, tj. $f^* = 1/g^*$.

Modely (2), (3) a (4) předpokládají konstantní výnosy z rozsahu, takže uvažují, že například dvojnásobné zvýšení vstupů vede k dvojnásobnému zvýšení výstupů. Upustíme-li od tohoto předpokladu, dostáváme model s variabilními výnosy z rozsahu (klesajícími či rostoucími). Pro analýzu efektivnosti jednotek při uvažování variabilních výnosů z rozsahu stačí modely (3) a (4) rozšířit o podmínku konvexnosti $e^T = 1$. Dostáváme tak DEA model, který se často označuje jako BCC model (podle jmen autorů Banker, Charnes, Cooper). Z charakteru tohoto modelu je zřejmé, že v BCC modelech bude označen vyšší počet jednotek jako efektivní.

V modelech analýzy obalu dat nejde pouze o to, zjistit míru efektivnosti jednotek daného souboru, ale také o to, určit pro neefektivní jednotky cílové hodnoty vstupů X'_q a

výstupů Y'_q , po jejichž dosažení by se tato jednotka dostala na efektivní produkční hranici. Tyto cílové hodnoty lze snadno určit takto:

$$\begin{aligned} X'_q &= X^*, \\ Y'_q &= Y^*, \end{aligned} \quad (5)$$

kde $*$ je vektor optimálních hodnot proměnných CCR modelu (3). Stejným způsobem by bylo možné získat cílové hodnoty i při aplikaci BCC modelu.

Výše uvedené modely a jejich výsledky budeme ilustrovat na numerickém příkladu, který je převzatý z článku Jablonský (2004). V příkladě budeme uvažovat osm produkčních jednotek pouze s jedním vstupem a s jedním výstupem, což umožní grafické znázornění souboru jednotek a produkční hranice. Uvažujme, že matice vstupů pro tyto jednotky je $X = (9; 3; 2; 4; 5; 10; 6; 6)$ a matice výstupů $Y = (8; 7; 2; 5; 3; 12; 6; 10)$. Tato situace je znázorněna na obr. 1., z něhož je mimo jiné patrné, že jako CCR efektivní je v této úloze pouze jediná jednotka U_2 . K tomuto závěru by bylo možné v takto jednoduché úloze (jeden vstup-jeden výstup) dojít i pouhou maximalizací poměru mezi příslušnými výstupními a vstupními charakteristikami. Pro efektivní jednotku U_2 je tento poměr $7/3 = 2,33$, což je nejvyšší hodnota ze všech osmi jednotek. Pro BCC model se konický CCR obal mění na konvexní a počet efektivních jednotek je vyšší. V naší úloze se konkrétně jedná o jednotky U_2 , U_3 , U_6 a U_8 . V tabulce 1 uvádíme pro každou jednotku vypočtené míry efektivnosti (pro CCR i BCC model orientovaný na vstupy) a cílové hodnoty vstupů. Cílové hodnoty výstupů se v tomto případě nemění a proto je neuvádíme.

Obrázek 1
Produkční hranice u modelů CCR a BCC

Virtuální jednotky se svými cílovými hodnotami jsou vlastně projekcí původních hodnot na obal, představující efektivní hranici. Na obrázku 1 je tato projekce znázorněna pro jednotku U_5 . Bod U^* odpovídá projekci na CCR efektivní hranici a bod U' projekci na BCC efektivní hranici, v obou případech pro modely orientované na vstupy. Projekce pro modely výstupově orientované by se provedla analogicky ve směru osy Y .

Tabulka 1
Výsledky analýzy (CCR a BCC model)

Jednotka	CCR model			BCC model		
	míra efektivnosti	hodnota		míra efektivnosti	hodnota	
		původní	cílová		původní	cílová
U_1	0,3809	9	3,428	0,4444	9	4,000
U_2	1,0000	3	3,000	1,0000	3	3,000
U_3	0,4286	2	0,857	1,0000	2	2,000
U_4	0,5357	4	2,143	0,6500	4	2,600
U_5	0,2571	5	1,286	0,4400	5	2,200
U_6	0,5143	10	5,143	1,0000	10	10,000
U_7	0,4286	6	2,571	0,4667	6	2,800
U_8	0,7143	6	4,286	1,0000	6	6,000

V základních DEA modelech, které jsme formulovali v tomto oddílu, je efektivním jednotkám přiřazena jednotková míra efektivnosti. V závislosti na typu zvoleného modelu, ale především na vztahu mezi počtem jednotek a počtem vstupů a výstupů, může být ale efektivních jednotek poměrně velký počet. Kvůli možnosti klasifikace efektivních jednotek bylo proto navrženo několik definic tzv. super efektivnosti. V modelech super efektivnosti získávají původní efektivní jednotky míru super efektivnosti vyšší než jedna. Tato skutečnost umožňuje klasifikaci efektivních jednotek, což může být jedna z důležitých informací, které uživatel požaduje. Z matematického hlediska je idea modelů super efektivnosti velmi jednoduchá. V matematickém modelu odpovídajícího DEA modelu stačí položit váhu hodnocené jednotky q rovnu nule. CCR model super efektivnosti lze tedy zapsat následovně:

minimalizovat

$$\begin{aligned} & \sum_{j=1, q}^n x_{ij} - \theta_j s_i - x_{iq}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \\ & \sum_{j=1, q}^n y_{ij} - \theta_j s_i - y_{iq}, \quad i = 1, 2, \dots, r, \\ & \theta_j \geq 0, s_i^+ \geq 0, s_i^- \geq 0. \end{aligned} \quad (6)$$

Kromě zde uvedených základních DEA modelů (CCR a BCC) byla navržena celá řada jejich modifikací, se kterými se lze seznámit v další, zahraniční i české literatuře (např. Charnes, Cooper, Lewin, Seiford, 1994, Cooper, Seiford, Tone, 2000, Jablonský, Dlouhý, 2004). Určitou nevýhodou analýzy obalu dat je oproti ekonometrickým metodám nerozvinutá oblast testování hypotéz pro ověření výběru typu modelu a proměnných. Je tak do značné míry na analytikovi jaké vstupy a výstupy při užití analýzy obalu dat zvolí. Teorie analýzy obalu dat se však rozvíjí i v tomto směru, takže se snad v budoucnu můžeme dočkat určitého propojení analýzy obalu dat a ekonometrické analýzy.

3. Analýza vybraného vzorku českých nemocnic – datový soubor

Datový soubor, který jsme použili pro zpracování analýzy efektivnosti nemocnic, jejíž výsledky budou prezentovány v následujícím oddílu, pochází z publikací Zdravotnictví, které vydávají krajské pobočky Ústavu zdravotnické informatiky a statistiky České republiky. Data o nemocnicích pocházejí z roku 2003, což byl poslední dostupný rok v době analýzy. Ve zjednodušeném modelu jsme uvažovali dva vstupy (počet přepočtených úvazků lékařů v lůžkové péči a průměrný počet lůžek) a jeden výstup (počet hospitalizovaných pacientů). Bohužel, mnohé údaje o nemocnicích v ČR nejsou individuálně publikovány, a to přesto, že jde o převážně o veřejné instituce financované z veřejných peněz. Ze dvou set českých nemocnic, pouze 22 nemocnic uveřejnilo individuální data ve statistických ročenkách. Kromě malého počtu nemocnic z veřejně dostupnými údaji je analýza rovněž limitována ze dvou problémů typických pro zdravotnictví. Za prvé, chybí srovnatelné a veřejnosti dostupné měřítko kvality péče v nemocnicích, což by měl být ve zdravotnictví klíčový ukazatel, a to jak pro pacienty, tak pro zdravotní pojišťovny jako plátce. Za druhé, bez informací o tzv. případovém mixu (struktury pacientů podle závažnosti jejich onemocnění), nelze zaručit úplnou homogenitu a srovnatelnost nemocnic mezi sebou. To je dost vážné omezení například při srovnání výkonnosti okresní nemocnice a nemocnice fakultní. Přesto jsme se do analýzy pustili, neboť omezená analýza omezených dat je vždy lepší než žádná analýza. I omezená analýza nabízí prostor pro generování nových myšlenek a nových výzkumných otázek v oblasti dalšího vývoje metod hodnocení efektivnosti a v oblasti poskytování zdravotnických služeb. Kromě toho lze chápat takto zpracovanou omezenou analýzu i jako metodické východisko pro zpracování rozsáhlejší studie, která by umožnila kvalifikovaněji posoudit a vzájemně porovnat všechna zdravotnická zařízení daného typu. Vstupní datový soubor (v abecedním řazení) uvádíme v tabulce 2.

Tabulka 2

Vstupní datový soubor – charakteristiky nemocnic

Nemocnice	počet lůžek	lékaři v lůžkové části	počet hospitalizovaných
Fakultní nemocnice Na Bulovce	1199	160,39	38.697
Nemocnice Blansko	213	74,28	4.925
Nemocnice Český Krumlov	282	34,89	9.482
Nemocnice Domažlice	206	22,20	6.950
Nemocnice Havlíčkův Brod	575	74,99	20.637
Nemocnice Chrudim	440	52,64	13.270
Nemocnice Jihlava	740	80,87	24.090
Nemocnice Kroměříž	459	51,39	17.329
Nemocnice Na Žižkově	106	8,90	1.919
Nemocnice Pelhřimov	351	47,29	12.234
Nemocnice Písek	382	40,04	15.664
Nemocnice Prachatice	191	27,50	6.740
Nemocnice Prostějov	477	60,33	16.566
Nemocnice Rokycany	178	22,77	6.477
Nemocnice Rudolfa a Stefanie, Benešov	436	50,10	14.823
Nemocnice Stod	212	19,40	6.874
Nemocnice Tábor	564	67,70	16.923
Nemocnice Třebíč	647	75,05	20.638
Nemocnice Vyškov	498	53,25	15.826
Nemocnice Znojmo	701	82,08	21.498
Oblastní nemocnice Jičín	354	51,78	12.224
Okresní nemocnice J. Hradec	437	76,52	14.704

4. Výsledky analýzy a jejich interpretace

Výsledky hodnocení efektivnosti 22 nemocnic pomocí čtyř základních DEA modelů uvádíme v tabulkách 3 a 4. V tabulce 3 jsou výsledky CCR a BCC modelů orientovaných na vstupy a v tabulce 4 výsledky stejných modelů orientovaných na výstupy. Pro modely orientované na výstupy platí, že míra efektivnosti pro neefektivní jednotky vychází, jak bylo již uvedeno ve druhém oddílu, větší než jedna. Z hlediska lepší interpretace však transformujeme vypočtené údaje vždy tak, aby maximální efektivnost byla 100 % a míra efektivnosti neefektivních jednotek byla nižší než 100 %. Protože u CCR modelů orientovaných na vstupy a výstupy jsou míry efektivnosti převrácené hodnoty (orientace modelu nemá vliv na efektivnost), jsou v obou tabulkách u CCR modelu stejné hodnoty. Z teoretických předpokladů rovněž plyne, že v modelech BCC je efektivnosti stejná nebo vyšší než v modelech CCR. Tato skutečnost je z obou tabulek rovněž dobře patrná. Kromě základních informací o efektivnosti nemocnic podle jednotlivých modelů obsahují obě tabulky cílové hodnoty všech charakteristik, které odpovídají modelu s variabilními rozsahy z výnosu (BCC modely). Je dobře patrné, že pro efektivní jednotky jsou cílové hodnoty shodné s původními hodnotami jednotlivých charakteristik.

Tabulka 3

Výsledky analýzy – modely orientované na vstupy

Nemocnice	CCR-I	BCC-I	počet lůžek	lékaři v lůžkové části	počet hospitali- zovaných
Fakultní nemocnice Na Bulovce	78,7	100,0	1199	160,39	38.697
Nemocnice Blansko	56,4	72,1	153	18,05	4.925
Nemocnice Český Krumlov	82,0	86,8	245	28,42	9.482
Nemocnice Domažlice	82,3	97,1	200	21,56	6.950
Nemocnice Havlíčkův Brod	87,5	97,1	558	66,02	20.637
Nemocnice Chrudim	73,5	74,7	329	35,54	13.270
Nemocnice Jihlava	79,4	100,0	740	80,87	24.090
Nemocnice Kroměříž	92,1	96,1	441	48,74	17.329
Nemocnice Na Žižkově	55,1	100,0	106	8,90	1.919
Nemocnice Pelhřimov	85,0	87,1	306	33,59	12.234
Nemocnice Písek	100,0	100,0	382	40,04	15.664
Nemocnice Prachatice	86,1	96,3	184	23,26	6.740
Nemocnice Prostějov	84,7	86,8	414	44,75	16.566
Nemocnice Rokycany	88,7	100,0	178	22,77	6.477
Nemocnice Rudolfa a Stefanie, Benešov	82,9	83,3	363	38,46	14.823
Nemocnice Stod	90,6	100,0	212	19,40	6.874
Nemocnice Tábor	73,2	75,6	427	46,62	16.923
Nemocnice Třebíč	77,8	87,5	566	65,63	20.638
Nemocnice Vyškov	77,5	77,9	388	40,89	15.826
Nemocnice Znojmo	74,8	85,3	598	70,03	21.498
Oblastní nemocnice Jičín	84,2	86,3	306	33,57	12.224
Okresní nemocnice J. Hradec	82,1	82,5	361	38,24	14.704

Jako příklad pro ilustraci jsme vybrali nemocnici Prachatice z Jihočeského kraje. Nemocnice není efektivní ani v jednom z DEA modelů. Podle modelu CCR dosahuje míru efektivnosti 86,1 % efektivnost, podle modelu BCC-I 96,3 % a podle BCC-O 95,4 %. Potvrdil se fakt, že v analýzách s variabilními výnosy z rozsahu dosahují hodnocené jednotky vyšší míry efektivnosti než v případě předpokladu konstantních výnosů z rozsahu.

Podle modelu BCC-I by nemocnice Prachatice pro dosažení efektivní hranice měla při zachování současné úrovně výstupu, tj. počtu hospitalizovaných pacientů 6740, snížit oba vstupy, tj. počet lékařů z 27,5 na 23,26 a počet lůžek ze 191 na 184. V případě BBC-O modelu by se muselo jednat o odpovídající navýšení počtu hospitalizovaných pacientů z 6740 na 7062 při současném zachování počtu lůžek a redukci počtu lékařů z 27,5 na 23,87. Při použití předpokladu konstantních výnosů z rozsahu by pro dosažení efektivnosti této nemocnice muselo dojít k redukci obou vstupů a to v případě lůžek o 27 na 164 a počet lékařů by měl klesnout na 17,23. Je patrné, že tak jako je v modelech BCC efektivita jednotlivých jednotek vyšší než v CCR modelech, v případě redukci jednotlivých vstupů jsou modely CCR „náročnější“ než modely BCC.

Tabulka 4

Výsledky analýzy – modely orientované na výstupy

Nemocnice	CCR-O	BCC-O	počet lůžek	lékaři v lůžkové části	počet hospitali- zovaných
Fakultní nemocnice Na Bulovce	78,7	100,0	1199	160,39	38.697
Nemocnice Blansko	56,4	61,2	213	25,73	8.053
Nemocnice Český Krumlov	82,0	85,0	282	31,57	11.161
Nemocnice Domažlice	82,3	96,0	206	22,20	7.240
Nemocnice Havlíčkův Brod	87,5	97,8	575	68,47	21.105
Nemocnice Chrudim	73,5	76,7	440	48,58	17.299
Nemocnice Jihlava	79,4	100,0	740	80,87	24.090
Nemocnice Kroměříž	92,1	97,2	459	51,38	17.835
Nemocnice Na Žižkově	55,1	100,0	106	8,90	1.919
Nemocnice Pelhřimov	85,0	85,7	351	37,42	14.268
Nemocnice Písek	100,0	100,0	382	40,04	15.664
Nemocnice Prachatice	86,1	95,4	191	23,87	7.062
Nemocnice Prostějov	84,7	90,3	477	54,03	18.342
Nemocnice Rokycany	88,7	100,0	178	22,77	6.477
Nemocnice Rudolfa a Stefanie, Benešov	82,9	86,2	436	47,99	17.186
Nemocnice Stod	90,6	100,0	212	19,40	6.874
Nemocnice Tábor	73,2	81,4	564	66,85	20.795
Nemocnice Třebíč	77,8	91,4	647	75,05	22.571
Nemocnice Vyškov	77,5	86,1	498	53,25	18.390
Nemocnice Znojmo	74,8	89,7	701	82,08	23.964
Oblastní nemocnice Jičín	84,2	84,9	354	37,67	14.403
Okresní nemocnice J. Hradec	82,1	82,5	437	48,14	17.215

Výsledkem analýzy může být rovněž určitý typ benchmarkingu, který pro neefektivní nemocnice určuje efektivní vzory. V případě modelu CCR je situace jak pro nemocnici Prachatice, tak i pro ostatní nemocnice, vcelku méně zajímavá, neboť všechny nemocnice by se měly poučit u jediné efektivní nemocnice v souboru – nemocnice Písek. V modelu BCC je efektivních šest nemocnic, existuje tedy více potenciálních vzorů. Pro nemocnici Prachatice analýza obalu dat vybírá nemocnice Písek a Rokycany, tj. nemocnice, které mají strukturu vstupů podobnou nemocnici v Prachaticích. Přesněji bychom měli říci, že ideální stav (tj. dosažení efektivnosti) pro nemocnici Prachaticích je vyjádřen lineární kombinací nemocnic Písek a Rokycany.

Z dalších zajímavých výsledků zmiňme poměrně dobrou výkonnost Fakultní nemocnice Na Bulovce u modelů BCC a horší výkonnost u modelů CCR. To je dáno tím, že jde o největší nemocnici v souboru, takže hodnota 100,0 u modelů BCC (variabilní výnosy z rozsahu) je velmi pravděpodobná, pokud nejde o extrémně neefektivní nemocnici. To je vidět též z ilustrativního příkladu na obr. 1, kde podobná situace nastává u jednotky U_6 . Velký rozdíl v efektivnosti nastává rovněž u nejmenší nemocnice v souboru, kterou je nemocnice Na Žižkově. Nemocnice má efektivnosti 55,1 v CCR modelu, zatímco v BCC modelu dosahuje hodnotu 100,0. V ilustrativní příkladě lze stejný jev pozorovat u jednotky U_3 .

Míry efektivnosti vypočtené jednotlivými DEA modely by bylo možné použít i pro jisté porovnání a vzájemné uspořádání všech hodnocených jednotek (nemocnic). Je

zřejmé, že čím vyšší je míra efektivnosti, tím blíže je daná jednotka efektivní hranici a tím výše ji lze hodnotit. Otázkou zůstává, jak uspořádat jednotky, které leží na efektivní hranici. K tomu lze použít modely super efektivnosti, o kterých jsme se zmínili v závěru druhého oddílu tohoto článku.

Následujícím krokem analýzy efektivnosti může být regresní analýza míry efektivnosti v závislosti na vnějších faktorech, které sice ovlivňují efektivnost produkčních jednotek, ale není logické je považovat za vstupy či výstupy produkce. Takovým vnějším faktorem je například vlastnictví (veřejné versus soukromé), u něhož bychom takto mohli ověřit mezi ekonomy populární otázku, zda vlastnictví má či nemá vliv na efektivnost.

5. Závěr

Analýza obalu dat představuje užitečný model kvantitativní ekonomické analýzy pro hodnocení efektivnosti produkčních jednotek, pro získání jejich uspořádání a odhalení zdrojů neefektivnosti. Jelikož uživatel zpravidla vystačí při jejich aplikaci s běžným optimalizačním řešitelem (např. Jablonský, 1999), nemusí zde být problém při jejich reálném používání. V krajním případě velmi dobře poslouží i omezené schopnosti řešitele v programu MS Excel. K dispozici jsou však i specializované softwarové produkty, např. systém Frontier Analyst, který umožňuje řešit rozsáhlé úlohy, avšak s omezenou nabídkou různých typů DEA modelů. Velmi dobrým kompromisem mezi cenou a tím, co software nabízí, jsou různé aplikace, často vytvářené jako doplňky MS Excelu. Mezi takové systémy patří DEA-Solver, který je přílohou knihy Zhu (2003) a který zahrnuje téměř všechny DEA modely, které byly formulovány do roku 2001.

Jelikož je nemocnice složitým podnikem poskytujícím velmi různorodé a komplikované služby, lze hodnocení na úrovni nemocnice jako celku považovat pouze jako jistý první signál o neefektivnosti nemocnice, což však není rozhodně málo. Zlepšení dostupnosti dat by zlepšilo možnosti vzájemného srovnávání nemocnic. Chybou tak paradoxně není ani omezení metody samotné, ale malá dostupnost dat, z nichž většina sice existuje, ale není dostupná odborné veřejnosti. Při pravidelně se opakujících finančních problémech českého zdravotnictví je určitým překvapením, že stát projevuje malý zájem o rozvoj poznatků v této oblasti. Základní možnosti analýzy obalu dat na úrovni nemocnice jsme ilustrovali na příkladě jedné z nemocnic. Pro praxi zajímavější výsledky by bylo možné získat při hodnocení na úrovni oddělení a při dostupnosti informací o případovém mixu léčených pacientů.

Literatura

- Charnes, A., Cooper, W. W., Lewin, A., Seiford, L.** *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*. Boston : Kluwer Academic Publishers, 1994.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., Tone, K.** *Data Envelopment Analysis*. Boston : Kluwer Academic Publishers, 2000.
- Đlouhý, M.** Matematický model restrukturalizace odvětví a firmy. *Politická ekonomie*, 2001, roč. 49, č. 4, s. 540–546.
- Đlouhý, M., Pánková, V.** Hospital performance and trends. In **Rauner, M. S., Heidenberger, K. (eds.)**. *Quantitative Approaches in Health Care Management*. Frankfurt am Main : Peter Lang, 2003.
- Hollingsworth, B.** Non-parametric and parametric applications measuring efficiency in health care. *Health Care Management Science*, 2003, roč. 6, č. 4, s. 203–218.

- Jablonský, J.** Implementation of Data Envelopment Analysis in Lingo Modelling System. *Acta Oeconomia Pragensia*, 1999, č. 4, s. 75–84.
- Jablonský, J.** Modely hodnocení efektivnosti produkčních jednotek. *Politická ekonomie*, 2004, roč. 52, č. 2, s. 206–220.
- Jablonský, J., Dlouhý, M.** *Modely hodnocení efektivnosti produkčních jednotek*. Praha : Professional Publishing, 2004.
- Zhu, J.** *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking*. Boston : Kluwer Academic Publishers. 2003.

USE OF DATA ENVELOPMENT ANALYSIS FOR EFFICIENCY EVALUATION OF CZECH HOSPITALS

Martin Dlouhý, Josef Jablonský, Ivana Novosádová, University of Economics, nám. W. Churchilla 4, CZ – 130 67 Praha 3 (dlouhy@vse.cz)

Abstract

Efficiency of hospitals belongs among frequently discussed topics of public policy. This paper deals with a nonparametric model for efficiency evaluation of hospitals – data envelopment analysis (DEA). DEA evaluates efficiency of production units with the help of mathematical programming. DEA specifies the production frontier as the most pessimistic piecewise linear envelopment of the data. In case that a hospital is inefficient DEA determines the sources of inefficiency and defines corresponding target values. In this study, authors analyze the sample of 22 Czech acute-care hospitals with the constant-returns-to-scale model (the CCR model) and the variable-returns-to-scale model (the BCC model). The data comes from regional yearbooks of the Institute of Health Information and Statistics of the Czech Republic (ÚZIS ČR). A fundamental problem of evaluation in health care is a definition of inputs and outputs, especially a measurement of case-mix of patients. Interpretation of the results is described on one selected hospital (Hospital of Prachatice). One hospital was identified as efficient by the CCR model and six hospitals were efficient according to the BCC model.

Keywords

data envelopment analysis, efficiency, health services, hospitals

JEL Classification

C10, D24, I10