

Jozef Fecenko
Simona Frisová

VYUŽITIE FUZZY LOGIKY V HODNOTENÍ POSKYTOVATEĽOV ZDRAVOTNEJ STAROSTLIVOSTI

Úvod

Hlavným cieľom zdravotnej politiky je vytvoriť podmienky na fungovanie takého zdravotného systému, ktorý v dlhodobom horizonte zlepšuje zdravotný stav populácie a zabezpečuje, aby ľudia boli spokojní aj s nemedicínskymi parametrami systému a zároveň aby im bola poskytnutá finančná ochrana, čiže ochrana poistenca pred vznikom katastrofických nákladov zdravotnej starostlivosti.

Čiastkovými cieľmi zdravotnej politiky sú kvalita, efektívnosť a dostupnosť zdravotnej starostlivosti. Efektívnosť poskytovanej zdravotnej starostlivosti u poskytovateľov ústavnej zdravotnej starostlivosti (ďalej len „nemocnica“) výrazne vplýva aj na kvalitu poskytovanej zdravotnej starostlivosti.

Pacient si vyberá svojho poskytovateľa zdravotnej starostlivosti, ktorého bude preferovať pred inými. Tento výber pacient realizuje hlavne v prípade špecializovanej zdravotnej starostlivosti, plánovanej zdravotnej starostlivosti (neakútne operácie napr. TEP¹, pôrod). Pomôckou, okrem rady svojho všeobecného lekára, špecialistu, známeho alebo rodiny (Benáková, 2007) je poskytnutie nezávislého hodnotenia jednotlivých poskytovateľoch postaveného na tzv. „tvrdých“ dátach, ktoré sú expertne posúdené a samotnému pacientovi zrozumiteľne interpretované a ako podporné informácie by mali byť názory ostatných pacientov, ktorí už liečbu alebo výkon u daného poskytovateľa absolvovali.

Pacientom je potrebné ponúknuť taký expertný nástroj, ktorý im pomôže sa zorientovať v odborných informáciách, ktoré sám nevie interpretovať a to zadaním jednoduchých podmienok, na základe ktorých je pacientovi zrozumiteľnou rečou poskytnutý výsledok, názor alebo odporúčanie. Nástroj, ktorý splňa vyššie uvedené predpoklady je fuzzy logiky.

1 FUZZY LOGIKA AKO NÁSTROJ PRE ROZHODOVANIE

Fuzzy logika je odbor matematiky odvodený z teórie fuzzy (nezreteľných) množín, v ktorom sa logické výroky ohodnocujú stupňom príslušnosti (tiež index vágnosti), ktorého hodnoty sú v intervale od 0 do 1. (wikipédia, 2014)

¹ Totálna endoprotéza

1.1 História fuzzy logiky

Ľudstvo sa vždy snažilo popísať veci, javy čo najpresnejšie, boli však situácie, keď to nebolo možné. Za zakladateľa teórie fuzzy množín a fuzzy logiky považujeme teda profesora Zadeh, keď publikoval článok Fuzzy Sets v časopise Information and Control. (Zadeh, 1965). Trvalo to dlho, kým bola fuzzy logika akceptovaná.

V roku 1987 bol postavený prvý podzemný systém (metro), ktorý pracoval s fuzzy logikou - založený na automatickom riadení vlaku operačným systémom v Japonsku. Systém riadenia metra bol upravený tak, že sa zvýšila presnosť zastavovania, zlepšila sa plynulosť pri brzdení a tiež sa znížila spotreba energie. (Mallya, 2007) Bol to veľký úspech a zabezpečil fuzzy logike veľký rozmach – spôsobil tzv. fuzzy boom. Dnes má takmer každý inteligentný stroj fuzzy logic technológiu (holiaci strojček, fotoaparát, inteligentné mikrovlnné rúry, inteligentné práčky, jadrová elektráreň a pod.).(Sedláčk, 2010).

1.2 Základné princípy fuzzy logiky

Základnou prednosťou fuzzy logiky je schopnosť matematicky podchytiť informácie vyjadrené slovne. Čiže umožňuje pracovať s nejednoznačnými pojmami, často používanými v ľudskej reči². V klasickej teórii množín prvok do množiny buď patrí alebo nepatrí. Fuzzy množina je množina, ktorá okrem istého alebo žiadneho členstva v množine pripúšťa aj čiastočné členstvo. Pomocou fuzzy množín sa zisťuje ako veľmi prvok do množiny patrí alebo nie, pričom táto príslušnosť je z intervalu, $(0; 1)$, pričom 0 a 1 znamenajú hraničné hodnoty rovnako ako v prípade klasickej teórii množín.

Obrázok 1: Tvorba systému s fuzzy logikou sa skladá z troch základných krokov:



Zdroj: DOSTÁL, P. – RAIS, K. – SOJKA, Z.: *Pokročilé metódy manažerského rozhodovania*. Grada Publishing, a.s., 2005, ISBN 80-247-1338-1, str. 23.

1. Fuzzyfikácia znamená prevedenie reálnych premenných na jazykové premenné. Napr. pri vstupnej premennej nemocnica je možné zvoliť atribúty: počet oddelení, typ oddelení, vlastníctvo, právna forma, SVaLZ³, záchranná zdravotná služba, zaradenie do minimálnej siete a pod. Týchto atribútov sa spravidla priraduje k základnej premennej tri až sedem.

² Fuzzy logika, [online], [prístup: 15.10.2016]. Dostupné na internete: <http://marcelm.szm.com/>.

³ Spoločné vyšetровacie a liečebné zložky

2. Fuzzy interferencia – vystihuje samotný princíp fuzzy logiky. Definuje chovanie systému pomocou pravidiel typu <Ak>, <A>, <Alebo>, <Potom> na jazykovej úrovni, ktoré vyhodnocujú jednotlivé premenné. Každá kombinácia atribútov premenných vstupujúcich do systému a vyskytujúcich sa v podmienkach <Ak>, <Potom> predstavuje jedno pravidlo. Každé pravidlo má svoju váhu, ktorú stanovuje samotný užívateľ, čím tento prístup podlieha vysokej miere subjektivity.
3. Defuzzyfikácia prevádza výsledné hodnoty fuzzy interferencie na reálne hodnoty. Napr. zaradenie do množiny fakultných nemocníc môže mať nasledovné atribúty patrí, čiastočne patrí, resp. nepatrí skúmaná nemocnica do tejto množiny.

Výhody použitia fuzzy logiky (Vaščák, 2006):

- práca s protirečivou a nepresnou informáciou,
- ľahká zrozumiteľnosť – vhodná reprezentácia znalostí,
- jednoduchší a rýchlejší návrh,
- modulárnosť riešenia – možnosť meniť pravidlá bez nutnosti prepracovať celý systém,
- paralelizmus vo výpočtoch,
- robustnosť návrhu.

Nevýhody použitia fuzzy logiky:

- vysoká výpočtová náročnosť (nie tak vážna),
- neschopnosť sa učiť → návrh adaptívnych systémov (neurónové siete, genetické algoritmy).

Oblasti využitia fuzzy systémov

- Riadenie – spotrebná elektronika, automobilový priemysel, systémy na podporu rozhodovania, komunikácia človek – stroj, výber dodávateľa liekov, zdravotníckych pomôcok pre nemocnicu.
- Diagnostika – rozpoznávanie obrazov, medicína, poruchy strojov.
- Predikcia – finančníctvo, predpoveď počasia, spotreby energie (hlavne v spojení s neurónovými sieťami).

1.3 Výber nemocničného zariadenia použitím fuzzy logiky

Na praktickú implementáciu fuzzy logiky sme si v práci vybrali 33 ročnú prvoroďičku, žijúcu v Hlohovci, ktorá sa pripravuje na pôrod, čo je z pohľadu zdravotnej starostlivosti plánovaný výkon, a ktorá hľadá najlepšiu pôrodnicu v jej okolí.

Pre ilustráciu sme zvolili 6 kritérií:

- Kritérium 1 - Technická efektívnosť (TE)
- Kritérium 2 - Novorodenecké oddelenie (NO)
- Kritérium 3 - JIS Pediatrika (JISP)
- Kritérium 4 - Cena za pôrod (Cena)
- Kritérium 5 - Počet pôrodov za rok na lekára (Počet pôrodov)

- Kritérium 6 - Frekvencia cisárskeho rezu (Frekvencia CR)

Voľba kritérií vychádzala z nasledujúcich predpokladov:

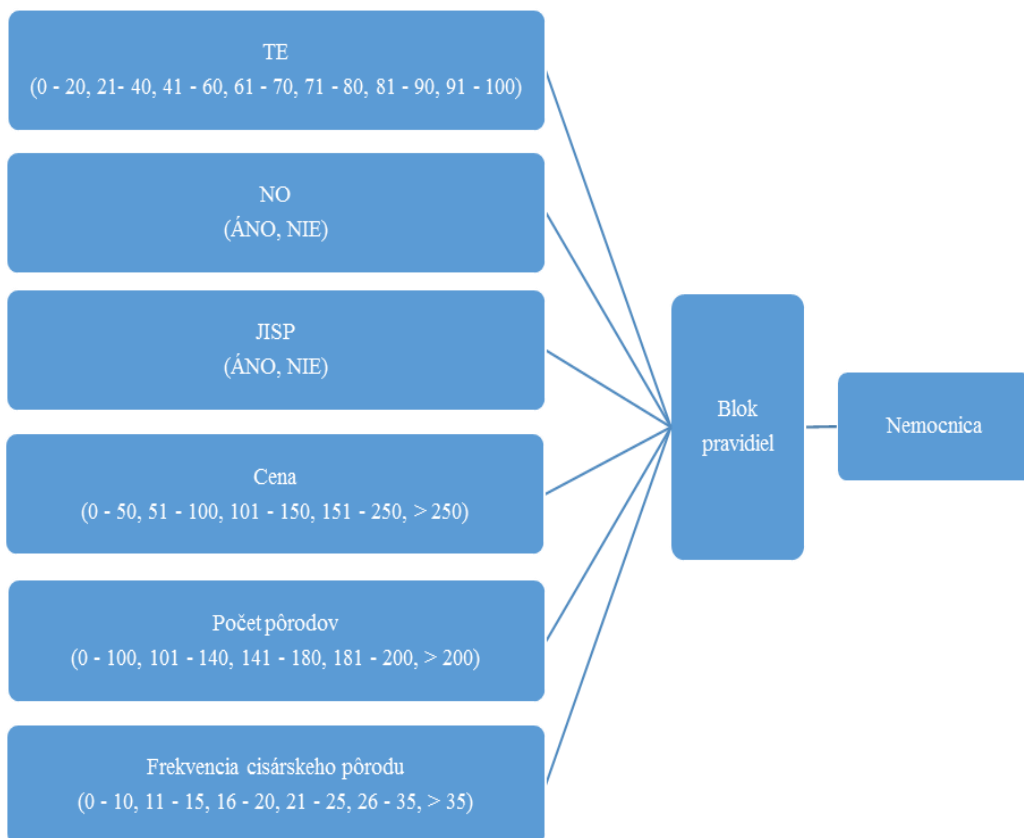
1. Pre potreby výberu pôrodnice je, okrem toho, že nevyhnutným predpokladom je práve gynekologicko-pôrodnické oddelenie (z tohto dôvodu nie je jedným z kritérií).
2. Pre ženu, ktorá sa pripravuje na pôrod, sú rozhodujúce hlavne odporúčania rodiny a známych, ale s týmto kritériom pre potreby tejto práce neuvažujeme.
3. Žena, ktorá nemá dostupné údaje a ak by aj ich mala k dispozícii nevie si ich interpretovať. Ide o kritérium Technická efektívnosť –na Slovensku nie sú voľne dostupné informácie o tomto ukazovateli a jeho zverejnenie je potrebné komunikovať pacientovi, tak aby bolo pre neho zrozumiteľné.
4. Kritérium JIS pediatrická – existencia tohto oddelenia je dôležitá hlavne v prípade žien s rizikovým tehotenstvom a predpokladom komplikovaného pôrodu. Toto kritérium teda budú sledovať hlavne ženy, ktoré počas tehotenstva podstupujú zvýšený monitoring alebo starostlivosť.
5. Pri výbere okrem odporúčaní od známych a rodiny vychádza aj z informácií na internete, ktoré si ženy pred pôrodom vyhľadávajú, ale nie každá informácia na internete je aj medicínsky relevantná a preto je potrebné s týmito informáciami, ktoré takto získame, opatrne pracovať a vyhodnocovať:
 - a. Kritérium počet pôrodov za rok na pôrodníka - informácia, ktorá odzrkadľuje nielen efektívnosť jednotlivých pôrodníkov, ale je predpoklad priamej úmery, čím vyšší počet pôrodov, tým skúsenejší/kvalitnejší pôrodník. Na druhej strane môže vysoké číslo znamenať aj chybu výkazníctva a zároveň nie je presne definovaná hranica, aký počet pôrodov na pôrodníka už pre takéhoto lekára znamená ohrozenie kvality jeho výkonu pri pôrode.
 - b. Kritérium cisársky rez - ide o invazívny výkon a teraz sa ženy skôr prikláňajú k prirodzenosti. Často sa cisársky rez v súčasnosti berie ako módna záležitosť, ktorá v sebe nesie okrem možnosti presne si načasovať termín pôrodu aj efektívnosť pre nemocnicu v zmysle počtu vykonaných pôrodov za deň. V prípade klasického vaginálneho pôrodu je jeho trvanie oveľa dlhšie ako v prípade cisárskeho pôrodu. Na druhej strane práve cisársky pôrod predstavuje niekoľko rizík, ktoré si niektoré rodičky neuvedomujú. Celoslovensky stúpa počet cisárskych rezov (v roku 1991 9,1 %, v 2009 to bolo 27,4 % a v roku 2011 až 29,6 %). Svetová zdravotnícka organizácia odporúča, aby primeraný počet cisárskych rezov bol 15% z celkového počtu pôrodov . Ešte tolerovaná miera je podľa WHO od 15 % do 20 %.
 - c. Kritérium cena – rodičky si často vyberajú pôrodníka, ktorého by radi mali prizvaného k svojmu pôrodu t.j. výber operátora, za túto možnosť sú ochotné priplatiť. Mnohé nemocnice tento benefit poskytujú, ale aj spoplatňujú. Výška poplatku sa pohybuje od 0 € do 250 €.

Pri výpočte technickej efektívnosti sme použili metodiku Analýzy obalov dát (DEA – data envelopment analysis), ktorá je pri hodnotení efektívnosti v zdravotníctve jednou

z najpoužívanejších metodík. Pri analýze sa dá pracovať s viacerými vstupmi a výstupmi naraz, pričom nie je nutné mať znalosť o cenách. Vzhľadom na to, že trh poskytovania zdravotnej starostlivosti na Slovensku je nedokonalý vplyvom plošného zazmluvňovania pre väčšiu skupinu poskytovateľov, je použitie tejto metódy abstrahujúce od ceny ešte vhodnejšie. Ceny navyše podliehajú administratívnym kontrolám a obmedzeniam zo strany regulátora. Výsledky tejto analýzy boli použité pri kritériu technická efektívnosť (Frisová, 2010).

Prehľad vstupných premenných a rozsah hodnôt, ktoré môžu jednotlivé nemocnice v jednotlivých kritériách nadobúdať uvádza Schéma 1.

Schéma 1: Fuzzy model



Zdroj: *Vlastné spracovanie.*

- Zdrojom dát pre uvedený set kritérií boli:
- výkazy NCZI:
 - Štvrťročný výkaz E (MZ SR) 1-04 o ekonomike organizácií v zdravotníctve

- Ročný výkaz P (MZ SR) 1-01 o posteľovom fonde zdravotníckeho zariadenia - vybrané ukazovatele
- Údaje na portáli www.sprievodca-porodnicami.sk

Údaje za nemocnice trnavského a nitrianskeho kraja sú za rok 2009 (Tabuľka 1).

Tabuľka 1: Vstupné údaje

Nemocnica	K 1 TE	K 2 NO	K 3 JISP	K 4 Cena	K 5 Počet pôrodov	K 6 Frekvencia CR
Fakultná nemocnica Nitra	100%	1	1	0	139	41%
Fakultná nemocnica Trnava	94%	1	1	250	127	40%
FNSP Nové Zámky	100%	1	1	0	132	53%
Nemocnica A. Wintera Piešťany	88%	1	0	100	140	37%
NsP Svätého Lukáša Galanta	97%	1	0	0	170	30%
Nemocnica s poliklinikou n.o. Levice	100%	1	0	166	165	21%
NsP Dunajská Streda	79%	1	1	100	113	33%
Nemocnica Topoľčany n.o.	99%	1	0	166	531	34%
NsP Skalica	95%	1	0	200	205	22%

Zdroj: *Vlastné spracovanie na základe údajov:*

1. *NCZI:*

*Štvrtročný výkaz E (MZ SR) 1-04 o ekonomike organizácií v zdravotníctve
Ročný výkaz P (MZ SR) 1-01 o posteľovom fonde zdravotníckeho zariadenia -
vybrané ukazovatele*

2. *www.sprievodca-porodnicami.sk*

Pre získanie výsledkov, pri zohľadnení zvolených kritérií sme použili MS Excel a MATLAB.

1.4 Modelovanie použitím programu MS Excel

Pri hodnotení, ktoré z uvedených nemocníc a zadaných kritériách sú najvhodnejšie, sme použili fuzzy logiku v programe MS Excel.

Vstupné dáta, ktoré predstavujú maticu reálnych hodnôt, použité v analýze sú uvedené v tabuľke 1. Následne sme pripravili popis transformačnej matice (Tabuľka 2), kde pre každé kritérium definujeme, aké hodnoty môže kritérium nadobúdať. V prípade technickej efektívnosti a frekvencii cisárskeho rezu môže nadobúdať kritérium hodnoty od 0 % do 100 %, ktoré sú rozdelené do intervalov. Existencia novorodeneckého oddelenia a JIS – pediatrika nadobúda hodnoty 0-NIE, 1-ÁNO.

Následujúcim krokom bola príprava Transformačnej tabuľky s koeficientom, kde sa k jednotlivým kritériám priradili bodové hodnotenia (Tabuľka 2). Maximálny počet bodov, ktoré môže nemocnica získať je 60 bodov.

Následne sme na základe matice reálnych hodnôt (vstupné dáta) a popisu transformačnej matice (Tabuľka 2) pre každú nemocnicu vytvorili stavovú maticu (pre potreby článku uvádzame iba výsledky).

Tabuľka 2: Popis transformačnej matice

K 1 TE	K 2 NO	K 3 JISP	K 4 Cena	K 5 Počet pôrodov	K 6 Frekvencia CR
0% - 20%	Áno	Áno	0€ - 50€	<= 100	<= 10
21% - 40%	Nie	Nie	51€ - 100€	101 - 140	11 - 15
41% - 60%			101€ - 150€	141 - 180	16 - 20
61% - 70%			151€ - 250€	181 - 200	21 - 25
71% - 80%			> 250€	> 200	26 - 35
81% - 90%					> 35
91% - 100%					

Zdroj: Vlastné spracovanie.

Tabuľka 3: Transformačná matica s koeficientom

K 1 TE	K 2 NO	K 3 JISP	K 4 Cena	K 5 Počet pôrodov	K 6 Frekvencia CR
0	10	10	6	0	0
1	0	0	4	8	8
2			3	16	12
3			2	16	8
4			0	12	4
5					0
6					

Zdroj: Vlastné spracovanie.

Ako ďalší krok sme pomocou skalárneho súčinu stavových matíc jednotlivých nemocníc a transformačnej matice dostali počet bodov pre každú nemocnicu (Tabuľka 5). Retransformačná matica (Tabuľka 4) uvádza, aké sú hranice dosiahnutých bodov jednotlivých nemocníc a aké je ich slovné hodnotenie pre dosiahnutý počet bodov.

Tabuľka 4: Retransformačná matica

č.	Spodný interval	Horný interval	Slovné hodnotenie
1	0	30	Určite nie
2	31	38	Skôr nie
3	39	44	Skôr áno
4	45	viac	Určite áno

Zdroj: Vlastné spracovanie.

Z výsledkov analýzy fuzzy logiky vyplynulo, že Nemocnica A. Wintera Piešťany z pohľadu voľby pri zvolených kritériách nie je vhodná, dosiahla iba 45 % z maximálne možného počtu bodov. Tretina nemocníc na základe zvolených kritérií sa neodporúča a až 5 nemocníc z deviatich spadá do intervalu s relatívne vyšším počtom bodov a teda boli hodnotené ako skôr vhodné a sú voľbou pre prvorodičku. Ani jedna z hodnotených nemocníc nedosiahla dostatočný počet bodov, aby bola zaradená do najvyššieho kvalitatívneho intervalu a bola pre prvorodičku jednoznačnou voľbou.

Tabuľka 5: Hodnotenie nemocníc

Nemocnica	Výsledok (body)	Výsledok (%)	Slovné hodnotenie
Fakultná nemocnica Nitra	40	67%	Skôr áno
Fakultná nemocnica Trnava	36	60%	Skôr nie
FNsP Nové Zámky	40	67%	Skôr áno
Nemocnica A. Wintera Piešťany	27	45%	Určite nie
NsP Svätého Lukáša Galanta	42	70%	Skôr áno
Nemocnica s poliklinikou n.o. Levice	42	70%	Skôr áno
NsP Dunajská Streda	40	67%	Skôr áno
Nemocnica Topoľčany n.o.	34	57%	Skôr nie
NsP Skalica	38	63%	Skôr nie

Zdroj: Vlastné spracovanie.

1.5 Modelovanie použitím software MATLAB

Softvér MATLAB[®], od firmy The MathWorks, je programovací jazyk, ktorý sa špecializuje na vedeckotechnické numerické výpočty, modelovanie, návrhy a vizualizácia algoritmov, počítačových simulácií, analýzu a prezentáciu údajov, merania a spracovania signálov, návrhy riadiacich a komunikačných systémov. Software ponúka viac ako 80 nastavbových funkcií.

Názov MATLAB vznikol skrátením slov MATrix LABoratory („laboratórium s maticami“), čo zodpovedá skutočnosti, že kľúčovou údajovou štruktúrou pri výpočtoch v MATLABe sú matice. Vlastný programovací jazyk vychádza z jazyka Fortran. ⁴

Software vďaka svojej schopnosti riešiť numericky náročné úlohy je využívaný naprieč viacerými odbormi a v širokej škále odvetví. Jednou z funkcionalít, ktoré sú súčasťou programu MATLAB je MATLAB – Fuzzy logic Toolbox, ktorý sme využili pri modelovaní nášho vzorového príkladu – výber najvhodnejšej pôrodnice.

Na účely vyhodnotenia je potrebné si vytvoriť prostredníctvom File/New/M-file tzv. m. súbor, kde bude uvedená séria príkazov.

Obrázok 2: Súbor vyber_porodnice.m

```
ModelPorodnice = readfis('VyberPorodnice.fis');  
Udaje = input('Zadaj údaje:');  
VysledyPorodnice = evalfis(Udaje, ModelPorodnice);  
  
fuzzy(ModelPorodnice)  
mfedit(ModelPorodnice)  
ruleedit(ModelPorodnice)  
surfview(ModelPorodnice)  
ruleview(ModelPorodnice)
```

Zdroj: *Vlastné spracovanie.*

Prvý riadok načíta do ModelPorodnice príkazom *readfis* zo súboru *VyberPorodnice.fis* parametre fuzzy modelu.

Druhý riadok zabezpečuje, že si po spustení M-súboru vyžiada od používateľa vstupné údaje. Tretí riadok zabezpečuje výsledky, ktoré sa zapíšu do matice veľkosti 9x1 s názvom *VysledyPorodnice*.

Fuzzy Logic Toolbox sa spúšťa zadaním príkazu *fuzzy* do príkazového riadku v MATLABe. Následne je možné si vybrať z dvoch typov fuzzy modelov: Mamdami a Sugeno. Pre nami zvolený príklad sme použili fuzzy regulátor Mamdani.

Pridanie jednotlivých premenných do modelu sa vykonáva pomocou menu v okne *Fuzzy Logic Designer*, kde v *Menu* si vyberieme možnosť *Add Variable* (*Input* – vstupná premenná, *Output* – výstupná premenná).

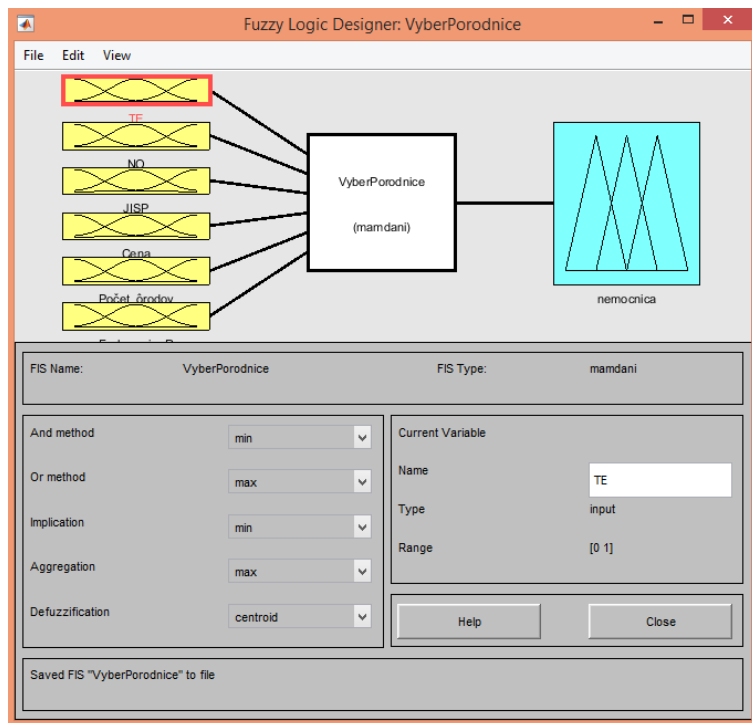
Na obrázku 3 sú tri zobrazované bloky:

1. vstupné premenné:
 - a. TE – hodnota technickej efektívnosti nemocnice
 - b. NO – existencia novorodeneckého oddelenia
 - c. JISP – existencia jednotky intenzívnej starostlivosti
 - d. Cena za pôrod
 - e. Počet pôrodov
 - f. Frekvencia cisárskych pôrodov

⁴ <https://sk.wikipedia.org/wiki/MATLAB>, prístup 20.03.2016

2. typ inferencie FIS: Mamdani,
3. výstupná premenná: výber nemocnice.

Obrázok 3: Schéma fuzzy modelu, vstupné a výstupné premenné

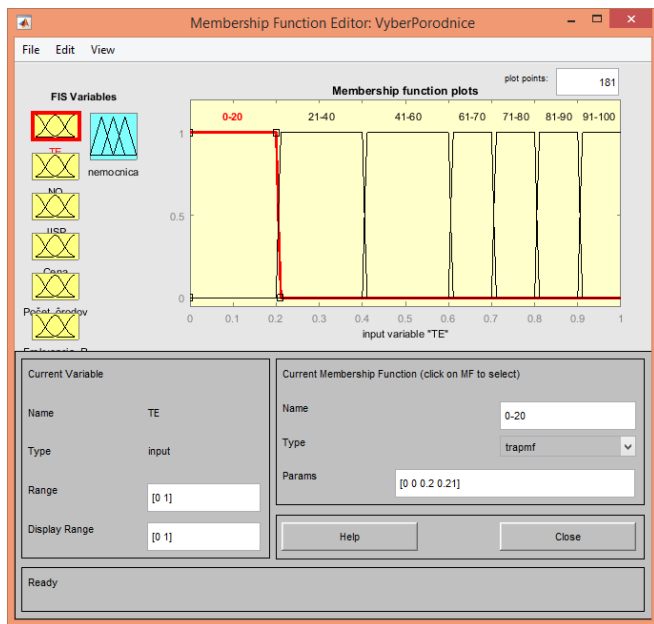


Zdroj: Vlastné spracovanie.

Zmenu typu funkcií ako aj ich počet pre jednotlivé premenné je možné pomocou zadania *mfedit* do príkazového riadku alebo priamo v Fuzzy Logic Toolbox v menu *Edit/Add MFs* prípadne *Edit/Add Custom MFs*. Odstránenie vybranej funkcie je možné pomocou príkazu v menu *Remove Selected MF* alebo ak chceme odstrániť všetky potom je možné využiť *Remove All MFs*. Obrázok 4 zobrazuje funkcie členstva vstupnej premennej TE – hodnota technickej efektívnosti, ktorej rozsah je definovaný pre $\langle 0;1 \rangle$ nakoľko uvedená premenná je v %. Typ priebehu funkcie členstva vstupnej premennej TE má tvar Z. Pre každú jednu vstupnú premennú ako aj výstupnú premennú sú definované funkcie členstva týchto premenných.

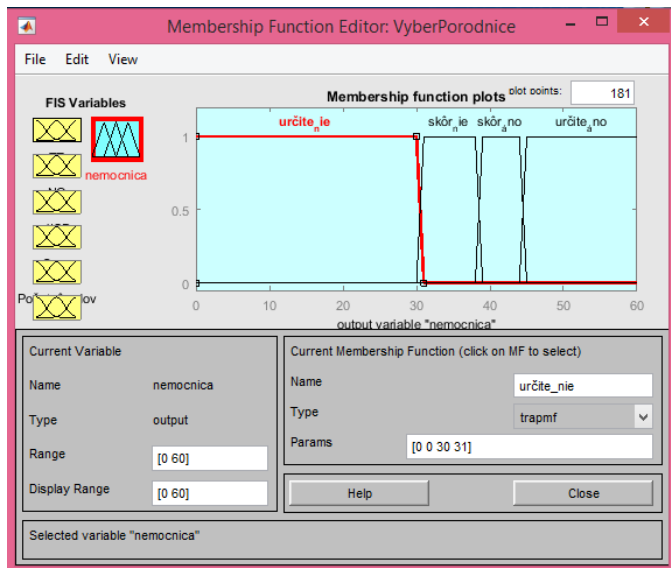
Obrázok 5 zobrazuje funkcie členstva výstupnej premennej „nemocnice“, ktorej rozsah je definovaný pre $\langle 0;60 \rangle$ nakoľko uvedená premenná môže dosiahnuť maximálnu hodnotu 60. Typ priebehu funkcie členstva výstupnej premennej nemocnice má tvar Z. Jednotlivé funkcie znázorňujú intervaly, do ktorých môžu jednotlivé nemocnice spadať pri ich vyhodnocovaní.

Obrázok 4: Funkcie členstva vstupnej premennej TE – hodnota technickej efektívnosti nemocnice



Zdroj: Vlastné spracovanie.

Obrázok 5: Funkcie členstva výstupnej premennej nemocnica



Zdroj: Vlastné spracovanie.

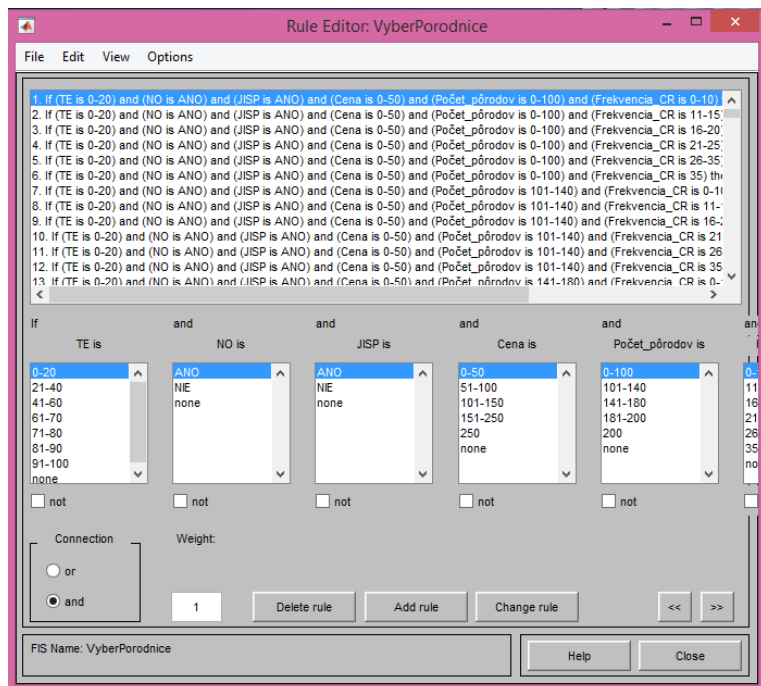
Pre model bolo potrebné zadefinovať pravidlá, ktoré sa definujú buď zadaním *ruleedit* v príkazovom riadku alebo v Fuzzy Logic Toolbox cez menu *Edit/Rules*. Celkový počet pravidiel, ktoré boli navrhnuté pre tento model bolo 4 032. Na Obrázku 6 je uvedených časť zo všetkých zadefinovaných pravidiel pre náš model. Funkcionalita umožňuje nastavenie, úpravu a prácu s jednotlivými pravidlami.

Pre ilustráciu si vysvetlíme prvé zobrazené pravidlo, ktoré je definované nasledovne: <A> TE=0-20 <A> NO = ANO <A> JISP = ANO <A> Cena = 0-50 <A> Počet pôrodov = 0-100 <A> Frekvencia_CR = 0-10 <POTOM> Nemocnica = „Určite nie“

Uvedené pravidlo je interpretované nasledovne: Ak nemocnica dosahuje úroveň technickej efektívnosti v rozmedzí od 0% – 20%, zároveň disponuje novorodeneckým oddelením a jednotkou intenzívnej starostlivosti pre novorodencov, počet pôrodov na jedného pôrodníka je do 100 pôrodov za rok a nemocnica vykazuje frekvenciu pôrodov použitím cisárskeho rezu do 10% z celkového počtu pôrodov, potom táto nemocnica určite nie je vhodná na výber pre rodičku ako miesta pre pôrod.

Tak ako bol uvedený príklad je možné interpretovať aj ostatné pravidlá vo fuzzy modeli.

Obrázok 6: Schéma fuzzy modelu, vstupné a výstupné premenné



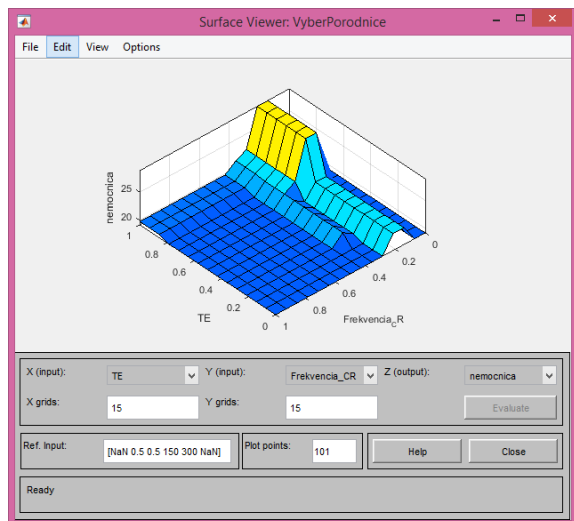
Zdroj: Vlastné spracovanie.

Závislosti medzi jednotlivými premennými s ohľadom na vytvorené pravidlá umožňuje Fuzzy logic Toolbox znázorniť v trojrozmernom grafe pomocou menu *View/Surface*, kde je možné si voliť medzi ktorými premennými chceme závislosť zobrazit'.

Pre vysvetlenie sme si vybrali dve grafické znázornenia závislosti medzi premennými. Na Obrázku 7 je znázornená závislosť medzi mierou technickej efektívnosti, ktorú nemocnica dosahuje a frekvenciou cisárskych pôrodov v nemocnici na celkový počet pôrodov. Z obrázku je viditeľné, že hraničné hodnoty, kedy je frekvencia cisárskych pôrodov neprijateľná je menej ako 10% a viac ako 30% podiel cisárskych rezov na celkový počet pôrodov. Pre premennú technická efektívnosť je táto hranica pod 65%. Optimálna hodnota pre nemocnicu je v prípade ak je technická miera vyššia ako 65% a zároveň frekvencia cisárskych pôrodov je na úrovni 15% z celkového počtu pôrodov.

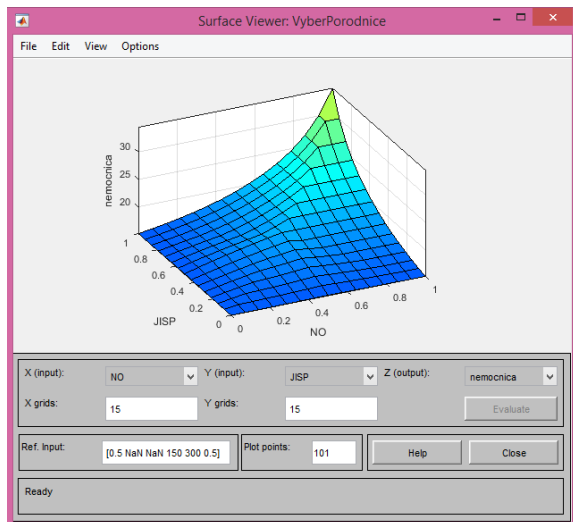
Zaujímavé zobrazenie závislosti dvoch premenných NO (novorodenecké oddelenie) a JISP (jednotka intenzívnej starostlivosti pediatrická) je uvedený na Obrázku 8. Z obrázku je zrejmé, že optimálna kombinácia dvoch premenných je v prípade, ak obe premenné dosahujú hodnotu 1 t. j. že v nemocnici existuje tak novorodenecké oddelenie ako aj jednotka intenzívnej starostlivosti pediatrická.

Obrázok 7: Závislosť vstupných premenných a výstupnej premennej



Zdroj: Vlastné spracovanie.

Obrázok 8: Závislosť vstupných premenných a výstupnej premennej



Zdroj: Vlastné spracovanie.

Vstupné údaje posudzovaných nemocníc a hodnoty pre jednotlivé kritéria obsahuje matica veľkosti 9x6 (VU – vstupné údaje) a ich hodnoty uvádza Tabuľka 1. Výsledky modelu pri týchto vstupných údajoch dostaneme zadaním príkazu do príkazového riadku súbor typu .m t. j. vyber_porodnice.m (Obrázok 9).

Obrázok 9: Zadanie vyber_porodnice.m a údajov do príkazového riadku

```
>> vyber_porodnice  
Zadaj údaje: [VU]
```

Zdroj: Vlastné spracovanie.

Podľa podmienok sme jednotlivé hodnoty pridelili slovné hodnotenia (Tabuľka 6) na základe podmienok definovaných vo výstupnej matici (Tabuľka 4). Z výsledkov v Tabuľke 6 vieme odporučiť, ktorá z pôrodníc na základe zvolených kritérií je pre prvoroďičku najvhodnejšia.

Tabuľka 6: Výsledky modelovania v MATLABe pretransformované do slovného hodnotenia

	Hodnotenie nemocníc	Slovné hodnotenie
Fakultná nemocnica Nitra	41,46	Skôr áno
Fakultná nemocnica Trnava	34,50	Skôr nie
FNsP Nové Zámky	41,46	Skôr áno
Nemocnica A. Wintera Piešťany	15,12	Určite nie
NsP Svätého Lukáša Galanta	41,46	Skôr áno
Nemocnica s poliklinikou n.o. Levice	43,92	Skôr áno
NsP Dunajská Streda	41,46	Skôr áno
Nemocnica Topoľčany n.o.	34,50	Skôr nie
NsP Skalica	34,50	Skôr nie

Zdroj: *Vlastné spracovanie.*

1.5.1 Porovnanie výsledkov dosiahnutých modelovaním v MS Excel a s použitím software MATLAB

Navrhnutý model bol spracovaný v programe MS Excel a v programe MATLAB na reálnych číslach.

Úspešnosť modelu závisí od kvalite a veľkosti vstupných údajov, ktoré sú použité na zostavenie modelu, jeho pravidiel, a závislostí. V prípade doplnenia ďalších vstupných údajov alebo vstupných premenných je potrebné model upraviť.

Porovnanie výsledkov dosiahnuté oboma softvérmi je znázornené v Tabuľke 7. Pri modelovaní v oboch softvéroch nad rovnakým vstupným setom údajov o nemocniciach boli slovné hodnotenia rovnaké a teda aj porovnateľné, výrazné výkyvy nie sú viditeľné.

Tabuľka 7: Porovnanie výsledkov modelovania v MS Excel a MATLABe

Nemocnica	Výsledky získané prostredníctvom MS Excel		Výsledky získané prostredníctvom MATLABu	
	Hodnotenie nemocníc	Slovné hodnotenie	Hodnotenie nemocníc	Slovné hodnotenie
Fakultná nemocnica Nitra	40	Skôr áno	41,46	Skôr áno
Fakultná nemocnica Trnava	36	Skôr nie	34,50	Skôr nie
FNSP Nové Zámky	40	Skôr áno	41,46	Skôr áno
Nemocnica A. Wintera Piešťany	27	Určite nie	15,12	Určite nie
NsP Svätého Lukáša Galanta	42	Skôr áno	41,46	Skôr áno
Nemocnica s poliklinikou n.o. Levice	42	Skôr áno	43,92	Skôr áno
NsP Dunajská Streda	40	Skôr áno	41,46	Skôr áno
Nemocnica Topoľčany n.o.	34	Skôr nie	34,50	Skôr nie
NsP Skalica	38	Skôr nie	34,50	Skôr nie

Zdroj: Vlastné spracovanie.

Zostavený model nie je možné považovať za konečný. Vyplýva to z obmedzenej životnosti modelu, ktorý je potrebné pravidelne upgradovať a v hraničných prípadoch zostaviť nový. Toto obmedzenie vyplýva zo zmien hodnotiacich kritérií, ich preferencií, hraníc a podobne.

1.6 Riziká modelu

Navrhovaná metodika sa však potýka s niekoľkými rizikami, ktoré je potrebné uviesť, aby s nimi bolo počítané pri použití navrhutej metodiky, prípadne bola snaha o elimináciu negatívnych dopadov týchto nedostatkov.

1. **Dáta o poskytovateľoch zdravotnej starostlivosti na Slovensku vykazujú vysokú mieru nepresnosti a inkonzistentnosti:**
 Zdrojom pre dáta, ktoré boli vstupom do analýzy, sú údaje nemocníc, ktoré zbiera NCZI. Nemocnice, ktoré sú v kompetencii štátu, vyšších územných celkov alebo miest, sú povinné na pravidelnej kvartálnej báze vykazovať údaje a zasielať NCZI. Uvedené dáta však nie sú podrobované verifikácii zo strany NCZI, čím tieto dáta môžu vykazovať určitú mieru nepresnosti. Jedná sa však o jediný zdroj dát, kde sú dáta za sledované nemocnice zbierané na jednom mieste.
2. **Údaje o poskytovateľoch ústavnej zdravotnej starostlivosti nezohľadňuje tzv. case-mix:**
 Jednou z najdôležitejších prekážok dosiahnutia komplexného hodnotenia kvality zdravotníckych zariadení je aj fakt, že na Slovenku ešte nie je plošne zavedený

systém DRG a chýbajú informácie o tom, s akými náročnými diagnózami a zdravotným stavom sú v jednotlivých nemocniciach hospitalizovaní pacienti (tzv. Case Mix). Tým sa výsledky akéhokoľvek hodnotenia zdravotníckych zariadení na Slovensku skresľujú, nakoľko sa môže stať, že nemocnice, ktoré sa zaoberajú komplikovanejšou zdravotnou starostlivosťou, sú znevýhodňované oproti tým, ktoré sa zaoberajú ľahšími diagnózami.

3. Deterministický prístup a vysoká miera subjektivity pri definovaní kritérií hodnotenia, vstupov a výstupov pre DEA a kritérií pri fuzzy logike:
Vysoká miera subjektivismu experta vyplývajúca z individuálneho rozhodnutia aké kritéria, vstupy a výstupy zvolí pri DEA analýze a aké kritéria posudzuje pri fuzzy logike.

Na odstránenie vyššie uvedených chýb je potrebné zlepšiť kvalitu, štruktúru a aktuálnosť vykazovaných údajov NCZI, ktoré by boli verejne dostupné. Ďalším krokom je zavedenie DRG systému plošne pre všetkých poskytovateľov zdravotnej starostlivosti.

Záver

Cieľom práce nebolo identifikovať, ktorá nemocnica je najlepšia, ale poukázať na možnosti, ktoré nám poskytujú nástroje vyšších metód rozhodovania. Práca ponúka pohľad na využitie fuzzy logiky ako moderného nástroja v oblasti hodnotenia poskytovateľov zdravotnej starostlivosti. Tento nástroj má schopnosť matematicky podchytiť informácie vyjadrené slovne a tým poskytnúť pacientovi zrozumiteľnou rečou výsledok, názor alebo odporúčanie ohľadom výberu poskytovateľa zdravotnej starostlivosti. V práci sme na základe šiestich kritérií vyhodnocovali výber nemocnice. Pre modelovanie sme použili MS Excel a Softvér MATLAB® – Fuzzy logic Toolbox. V závere práce sme porovnali výsledky oboch modelov, ktoré boli porovnateľné.

Kľúčové slová

hodnotenie poskytovateľov zdravotnej starostlivosti, analýza obalov dát, Data Envelopment Analysis, Fuzzy logika, MATLAB, Fuzzy Tool Box

Klasifikácia JEL

C02, C10, I11

LITERATÚRA

- [1] BENÁKOVÁ, A. *Slovenský spotrebiteľ 2007*; [prístup 7. 6.2010]: <http://www.hpi.sk/hpi/sk/view/2252/slovensky-spotrebiteľ-2007.html>.
- [2] Fuzzy logika, [online], [prístup: 15.10.2016]. Dostupné na internete: <http://marcelm.szm.com/>.
- [3] HSIAO, W. et all. 2004. *Getting Health Reform Right*. Oxford University Press, 2004.

- [4] http://sk.wikipedia.org/wiki/Fuzzy_logika [prístup, 9.10.2014.
- [5] MALLYA, T. – VYKYPĚL, O. 2007. *Základy strategického řízení a rozhodování: teorie pro praxi*. 1. vyd. Praha : Grada, 2007, 246 s. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-802-4719-115.
- [6] SEDLÁČEK, V. *Historie fuzzy množin, učebné texty*, [online], PŘF UP, Olomouc, 2010, [cit 2016-02-15]. Dostupné na internete: <http://www.sedlo.net/math&econ/fuzzy/historie.php>.
- [7] VAŠČÁK, J. Fuzzy systémy a ich aplikácie, [online], TU v Košiciach, Katedra kybernetiky a umelej inteligencie FEI, [cit 2016-03-01]. Dostupné na internete: <http://www.ai-cit.sk/AiStudyMaterial?action=AttachFile&do=get&target=UI-prednaska-fuzzy.pdf>.
- [8] ZADEH, L.A. 1965. *Fuzzy Sets, Information and Control* 8. 1965. 338-353.

RESUMÉ

Fuzzy logika je veľmi moderný nástroj a dnes má takmer každý inteligentný stroj fuzzy logic technológiu, jej využitie je však širšie aj ako podporný nástroj pri rozhodovaní. Cieľom práce nebolo identifikovať, ktorá nemocnica je najlepšia, ale poukázať na možnosti, ktoré nám poskytujú nástroje vyšších metód rozhodovania. Pacientom je potrebné ponúknuť taký expertný nástroj, ktorý im pomôže sa zorientovať v odborných informáciách, ktoré sám nevie interpretovať a to zadaním jednoduchých podmienok, na základe ktorých je pacientovi zrozumiteľnou rečou poskytnutý výsledok, názor alebo odporúčanie. Predpokladáme, že navrhovaná metodika pre hodnotenie bude inšpiráciou, prípadne bude slúžiť ako podklad pre diskusiu pre tvorcov zdravotnej politiky, pre zdravotné poisťovne, odborné organizácie v zdravotníctve alebo pre mimovládne organizácie, ktoré sa venujú hodnoteniu poskytovateľov zdravotnej starostlivosti na Slovensku. Metodika hodnotenia nemocníc sa môže okrem vytvorenia rankingu nemocníc stať aj motivátorom pre nemocnice na ich zlepšenie a umožňuje identifikovať problematiké oblasti, ktoré spôsobujú ich neefektívnosť a v konečnom dôsledku odstrániť príčiny a dosiahnuť zlepšenie.

SUMMARY

Fuzzy logic is a very modern tool and has almost every fuzzy logic technology; its use is wider as a support tool for decision making. Aim of the study was not to identify which hospital is the best, but to highlight the opportunities that we provide the tools expert decision-making methods. Patients should be offered such an expert tool that will help them to find the tool in the professional information that cannot interpret itself by entering simple conditions under which the patient is understandable result, opinion or recommendation. Provided that the proposed methodology for assessing the inspiration, or to serve as a basis for discussion for the creator health policy, for health insurance companies, professional organizations in the health sector or the NGOs interest with the evaluation of health care providers in Slovakia. The evaluation methodology hospitals may be in addition to creating ranking hospitals become a motivator for hospitals to

improve them and allows them to identify problem areas that cause the inefficiency and ultimately eliminate the causes and improvement.

Kontakt

Ing. Simona Frisová, Asseco Central Europe, a. s., Trenčianska 56/A, 821 09 Bratislava,
tel.: +421 220 838 611, e-mail: simona.frisova@asseco-ce.com

doc. RNDr. Jozef Fecenko, CSc., Katedra matematiky a aktuárstva, Fakulta hospodárskej
informatiky, Ekonomická univerzita v Bratislave, Dolnozemska cesta 1, 852 35
Bratislava, tel. +421 2/672 95 814, e-mail: jozef.fecenko@euba.sk