

Implementacija alata za samoocjenjivanje modela izvrsnosti kao ekspertnog sistema

Ranko Mandić, Svjetlana Mandić
Fakultet za proizvodnju i menadžment
Univerzitet u Istočnom Sarajevu
Trebinje, Republika Srpska / BiH
manda@teol.net, ceca@teol.net

Sažetak—Modeli izvrsnosti, kao dominantna paradigma kvaliteta, predstavljaju faktor koji identifikuje održivo velike organizacije, i organizacije koje mogu da postanu održivo velike. Analiza primjene svakog modela izvrsnosti podrazumijeva odgovaranje na niz pitanja, najčešće u vidu posebno strukturiranog upitnika za (samo)ocjenjivanje. Ekspertni sistemi su idealan alat za implementaciju ovakvog jednog upitnika, zbog svojih mogućnosti rezonovanja u uslovima nepotpunih podataka i davanja odgovora sa određenim vjerovatnoćama. Od vodećih paradigmi za razvoj ekspertnih sistema (Bejzova teorema, faktori sigurnosti, fuzzy logika i Dempster-Šafer teorija dokaza), izdvojili smo faktore sigurnosti kao sistem najbliži ljudskom rezonovanju, sa najmanje problema u eliminaciji subjektivnog.

Ključne riječi—model izvrsnosti; ekspertni sistem;

I. UVOD

Modeli izvrsnosti su rezultat pola vijeka razvoja upravljanja kvalitetom [1]. Svoje korijene imaju u japanskom privrednom oporavku poslije Drugog Svjetskog Rata, gdje je ključnu ulogu odigrao američki statističar Vilijem Edvards Deming. On je, radeći u početku na pripremama japanskog popisa stanovništva zakazanog za 1951. godinu, pokušao da primijeni metode kontrole kvaliteta na sve procese upravljanja preduzećem. Demingove metode su imale velikog uspjeha u Japanu tokom narednih 30 godina, što je dovelo do toga da se njegova filozofija prilagodi Zapadnom poslovnom mentalitetu i okruženju i počne primjenjivati van Japana, pod nazivom TQM (Total Quality Management) [2].

TQM je uskoro postao osnova za više paradigmi upravljanja kvalitetom. Obično ih dijelimo na preskriptivne, (standardi kvaliteta kao ISO 9000) i nepreskriptivne (modeli izvrsnosti).

Poslovna izvrsnost o kojoj se govori u modelima izvrsnosti je viši nivo razumijevanja i primjene TQM-a. Jedna definicija je da je poslovna izvrsnost „stalna potraga za kontinualnim poboljšanjem kako rezultata organizacije, tako i načina na koji se oni postižu“ [3].

Modeli izvrsnosti su prepoznati kao viši oblik upravljanja kvalitetom od standarda kvaliteta, jer podrazumijevaju razumijevanje i svjesnu primjenu izvrsnosti od strane svih učesnika procesa, u odnosu na puko pridržavanje pravila i standarda kvaliteta. U radu o razvoju modela izvrsnosti [1],

Svjetlana Mandić identifikuje elemente koje mora da ima svaki model izvrsnosti da bi se mogao tako nazvati:

- Kriterijume bitne za izvrsnost, podijeljene na omogućivače i rezultate;
- Upitnik za (samo)ocjenjivanje zasnovan na prethodnim kriterijima;
- Alat za (samo)ocjenjivanje zasnovan na Demingovom PDCA ciklusu [2], koji na osnovu odgovora iz upitnika daje ocjenu izvrsnosti organizacije.

Danas imamo u primjeni više različitih modela izvrsnosti (Evropski EFQM, srpski Oskar Kvaliteta, TQM-MH...), i za sve njih važe gornje teze. Naravno, oni se značajno razlikuju po izboru kriterijuma, konstrukciji upitnika i koncepciji alata, ali principi su isti.

Pošto je svaki od ovih upitnika strukturiran tako da anketirana osoba odgovara na pitanja izborom neke od ponuđenih alternativa, postavlja se pitanje da li se ovaj proces može nekako softverski automatizovati. Da li postoji način da se ubrza popuna upitnika, tj. da se ne mora odgovarati na stotinjak ili više pitanja, a da se ipak dođe do validne ocjene? Može li se eliminisati ili bar smanjiti subjektivnost anketirane osobe? I možda najbitnije, s obzirom da pitanja podrazumijevaju neminovno subjektivnu procjenu stanja nekog objekta posmatranja, tj. odgovor na pitanje se daje sa nekom vjerovatnoćom, da li i ocjena izvrsnosti treba da bude iskazana sa nekom vjerovatnoćom?

Kao mogući odgovor na sva postavljena pitanja nameću se ekspertni sistemi.

Ekspertni sistem može se široko definisati kao kompjuterski sistem (hardver i softver) koji simulira ljudske eksperte u datoj oblasti specijalizacije [4]. Problem izrade ekspertnog sistema svodi se na to da nađemo način da znanje ljudskog eksperta prenesemo u softver, tako da ono ostane upotrebljivo za korisnike koji ne raspolažu tim znanjem. Ekspertni sistemi postoje još od šezdesetih godina XX vijeka, i danas su primijenjeni u oblastima kao poslovanje (predviđanja kretanja na tržištima), inženjerstvo (konstrukcije, rudarstvo), medicina (dijagnostika), i mnogim drugim.

Upotreba ekspertnog sistema, bez obzira na njegovu internu strukturu koja se može znatno razlikovati od slučaja do slučaja, se u principu svodi na davanje odgovora na pitanja koja nam on postavlja. Dobar ekspertni sistem će dati mogućnost

korisniku da na neko pitanje ne odgovori, ili da odgovori sa nekim procentom sigurnosti ili nesigurnosti, i izbjegli će postavljati nepotrebna pitanja [4]. Takođe, ekspertni sistem najčešće ne daje jedan odgovor kao rezultat, već više mogućih odgovora sa njihovim procijenjenim vjerovatnoćama.

Kad uporedimo osobine softvera za samoocjenjivanje koje smo naveli kao poželjne, sa gore navedenim i poznatim osobinama ekspertnih sistema, reklo bi se da su ekspertni sistem idealna tehnologija za izradu alata za samoocjenjivanje modela izvrsnosti. Međutim, pošto je ovo naučni rad, ne možemo izvesti zaključak na osnovu prostih pretpostavki, već ćemo pokušati da dokazemo ovu hipotezu, analizom i poređenjem osobina upitnika i alata za samoocjenjivanje u kod nas dominantnom EFQM modelu izvrsnosti, i osobina nekoliko glavnih tipova ekspertnih sistema.

II. MATERIJAL I METODE

Kao reprezentativan materijal za modele izvrsnosti, uzecemo upitnik iz modela EFQM [5], i njegov alat za samoocjenjivanje RADAR. Vidjećemo na kratkom primjeru kako se vrši popuna upitnika za samoocjenjivanje. Nakon toga, napravićemo pregled nekoliko glavnih tipova ekspertnih sistema i pokušati izabrati tip – tehnologiju koja nam odgovara najbolje za implementiranje upitnika i alata za model izvrsnosti, ukoliko uspijemo pokazati da takva tehnologija postoji.

Rekli smo da svaki model izvrsnosti definiše bitne kriterijume za samoocjenjivanje.

U tabeli I dati su, kao primjer, kriterijumi koje kao bitne uzima evropski model izvrsnosti EFQM. Bitno je da naglasimo da su prvih pet kriterijuma takozvani omogućivači (Enablers), a posljednja četiri rezultati (Results).

Svaki kriterijum ima svoj set pitanja, i odgovori na ta pitanja daju ocjenu za kriterijum. Odgovori na pitanja i kriterijumske ocjene su ulazne veličine za alat za samoocjenjivanje, koji kao izlaz ima konačnu ocjenu izvrsnosti.

Primjeri pitanja iz EFQM upitnika za samoocjenjivanje, za nekoliko kriterijuma iz grupe omogućivača:

TABELA I. KRITERIJUMI EQFM MODELA

Kriterijum	Učešće u konačnoj ocjeni
Liderstvo	10%
Politika i strategija	8%
Ljudi	9%
Partnerstvo i resursi	9%
Procesi	14%
Zadovoljstvo zaposlenih	9%
Zadovoljstvo kupca	20%
Društvena odgovornost	6%
Performanse ključnih rezultata	15%

Liderstvo:

Q5: Ko su ključni stejkholderi organizacije i kako lideri prepoznaju njihove potrebe i odgovaraju na njih?

Q7: Kako lideri prenose informacije o ključnim ciljevima organizacije i ohrabruju zaposlene da im daju svoj doprinos?

Strategija:

Q3: Kako pratite aktivnosti konkurencije?

Q8: Kako usklađujete individualne i ciljeve timova, sa ciljevima organizacije?

Ljudi:

Q4: Kako identifikujete i razvijate vještine ljudi da biste obezbijedili inovativnost u organizaciji?

Q7: Kako uključujete ljude u aktivnosti od koristi za šire društvo?

Pitanja su koncipirana tako da ciljaju neki podsegment kriterijuma kome pripadaju, i na njih se odgovara izborom jedne od nekoliko ponuđenih alternativa – odgovora.

Za kriterijume – omogućivače, za svako pitanje se piše neki opisni – tekstualni odgovor, a onda se odgovara na tri RADAR podpitanja:

1) *Da li je pristup zasnovan na potrebama stejkholdera i da li podržava strategiju?*

2) *Do koje mjere je pristup implementiran na vremenski efikasan i strukturiran način u svim relevantnim zonama?*

3) *Da li imate mjere da ocijenite efektivnost pristupa i da li su one odgovarajuće? Ako jesu, da li ste popravili pristup učenjem iz ovih mjerenja?*

Na ova tri pitanja se može odgovoriti na neki od načina datih u tabeli II. Ocjene date za RADAR podpitanja se sabiraju i dijele sa 15. Dobijeni broj se množi sa procentom učešća za kriterijum, i rezultat ulazi u konačan RADAR zbir.

Za kriterijume rezultata, radi se potpuno slično. Evo nekih primjera pitanja iz dijela upitnika koji se odnosi na rezultate:

Rezultati prema kupcima:

Q1: Ko su vaši ključni kupci? Koje indikatore percepcije kupaca pratite da bi ocijenili reputaciju i imidž koje imaju o vašoj organizaciji?

Q7: Koji su indikatori performansi vaše podrške kupcima?

Društveni rezultati:

Q7: Koji su indikatori performansi za usklađenost sa zakonskom regulativom?

Q9: Koji su indikatori performansi za zdravlje i sigurnost?

Ključni rezultati:

Q1: Koji su ključni indikatori kojima mjerite svoje finansijske performanse?

Q3: Kojim ključnim indikatorima mjerite obim isporučenih ključnih proizvoda i usluga?

TABELA II. RADAR OCJENE ZA KRITERIJUME OMOGUĆIVAČE

Odgovor	Ocjena
Ograničeni dokazi	1
Donekle dokazano	2
Dokazano	3
Jasno dokazano	4
Sveobuhvatan dokaz	5

Opet se na ova pitanja odgovara opisno, a zatim se odgovara na RADAR podpitanja, kojih ima 4 za kriterijume rezultata:

- 1) *Da li su vaši trendovi pozitivni i godinama pokazuju održavanje dobrih performansi?*
- 2) *Da li postavljate i dostižete ciljeve?*
- 3) *Da li su vam performanse bolje nego kod relevantnih organizacija/konkurenata?*
- 4) *Da li poznajete pristupe koji pozitivno utiču na vaše rezultate sada i u budućnosti?*

Moguće ocjene i za ova pitanja biraju se iz tabele II. Zbir ocjena za pitanje se dijeli sa maksimalnim zbirom (20), pa se množi sa procentom učešća za kriterijum. Rezultat se sabira u konačni RADAR zbir, koji je praktični rezultat – ocjena izvrsnosti.

Sad vidimo kako su koncipirani klasično implementirani upitnici i alati za samoocjenjivanje modela izvrsnosti. Slijedi kratka analiza tipova ekspertnih sistema, sa njihovim glavnim osobinama.

Prva podjela ekspertnih sistema bila bi na zasnovane na pravilima (rule-based) i probablističke [4]. Generalno, ekspertni sistemi zasnovani na pravilima namijenjeni su za rješavanje determinističkih problema, gdje su poznate vrijednosti svih relevantnih varijabli, i njihovi efekti se mogu izračunati sa sigurnošću. S druge strane, probablistički ekspertni sistemi koriste se za stohastičke probleme, gdje radimo sa nepoznatim ili nesigurnim vrijednostima promjenljivih.

Pošto je po prirodi stvari bilo kakva anketa gdje imamo subjektivnu procjenu uz mogućnost nedavanja odgovora stohastički problem, jasno je da moramo eliminisati ekspertne sisteme zasnovane na prostim pravilima iz daljeg razmatranja.

Od probablističkih ekspertnih sistema, u primjeni su četiri modela rezonovanja: Bejzova vjerovatnoća, faktori sigurnosti, Fuzzy logika i Dempster-Šafer teorija dokaza. Razmotrićemo ukratko sve modele i pokušati naći najpogodniji.

A. Bejzova teorema

Bejzova teorema je inverzni problem uslovne vjerovatnoće, tj. pokušava da nađe vjerovatnoću ranijeg događaja ako se desio kasniji. Ovo je čest slučaj generalno u bilo kojoj dijagnostici. Bejzova teorema izražena je formulom:

$$P(A|B)=P(B|A)*P(A)/(P(B|A)*P(A)+P(B|A')*P(A'))$$

Gdje je $P(A|B)$ vjerovatnoća događaja A pod uslovom da se desio događaj B, $P(A)$ i $P(B)$ su nezavisne – prethodne ili priori vjerovatnoće događaja A i B, a $P(B|A)$ je vjerovatnoća B pod uslovom A (naknadna ili posteriori).

Npr. posmatramo pacijenta sa simptomom kihanja (događaj B). Zanima nas da li on ima alergiju na polen (događaj A). Da bismo izračunali ovu vjerovatnoću, moramo poznavati:

- vjerovatnoću $P(A)$ da slučajno izabrana osoba ima alergiju na polen (statistike su ovdje neprecizne, uzećemo za ovaj primjer da je 15% osoba alergično na polen);
- vjerovatnoću $P(B|A)$ da osoba koja ima alergiju na polen kiše – ovo je bar 99%.

Kad uvrstimo sve ove vjerovatnoće u Bejzovu formulu, dobijamo da je vjerovatnoća alergije kod osobe koja kiše 94,6%. Sve je naizgled prosto i lako primjenljivo.

Međutim, ovo znači da moramo za svaku situaciju znati mnoštvo vjerovatnoća, ili ih pretpostaviti.

B. Faktori sigurnosti

Faktori sigurnosti je razvio Ted Šortlif u svojoj doktorskoj disertaciji [8], upravo kao odgovor na probleme iskazivanja klasične vjerovatnoće u funkciji ljudskog rezonovanja. Naime, prilikom razvoja svog ekspertnog sistema za medicinsku dijagnostiku MYCIN-a, Šortlif je ustanovio da medicinski eksperti nemaju problem sa zaključivanjem tipa:

Ako je (E1) bakterija gram pozitivna i (E2) morfologija organizma kokus i (E3) oblik rasta lančani, onda je vjerovatnoća da je bakterija streptokokus 0.7 (Hipoteza H).

Tj. u formi naknadne-posteriori vjerovatnoće ovo se piše kao:

$$P(H | E1 \cap E2 \cap E3) = 0.7$$

Sa ovim su se eksperti slagali, ali su odbijali da se slože sa probablističkom posljedicom:

$$P(H' | E1 \cap E2 \cap E3) = 1 - 0.7 = 0.3$$

Iako je ovo sa stanovišta vjerovatnoće tačno, eksperti su se slagali da intuitivno ovo ne može biti u redu! Jednostavno, $P(H|E)$ povlači uzročno-posljedičnu vezu između E i H, ali možda ne postoji takva veza između E i H'.

Ovaj problem je odveo Šortlifa da istraži druge metode ispitivanja nesigurnosti u zaključivanju. Metod koji je koristio sa MYCIN-om je zasnovan na faktorima sigurnosti izvedenim iz Karnapove teorije konfirmacija [10]. Naime, Karnap pravi razliku između obične vjerovatnoće koja je povezana sa učestanošću ponovljivih događaja, od stepena konfirmacije koji potvrđuje hipotezu na osnovu nekog dokaza.

U MYCIN-u, stepen potvrđivanja je originalno definisan kao faktor sigurnosti, koji je razlika između vjerovanja i nevjerovanja:

$$CF(H,E) = MB(H,E) - MD(H,E)$$

gdje je CF – faktor sigurnosti hipoteze H zbog dokaza E, MB - mjera povećanja vjerovanja u H zbog E, a MD – mjera smanjenja vjerovanja u H zbog E.

Dakle, CF je “neto vjerovanje” u hipotezu zasnovano a nekom dokazu, i kreće se od -1 do 1. Pozitivan CF znači da dokaz podržava hipotezu, negativan da je osporava, a nulti CF da nema dokaza.

Empirijski, u MYCIN-u je postavljeno da $CF < 0.2$ nema značaj, tj. da se pravila sa takvim faktorom sigurnosti ne aktiviraju jer se dokazi ne smatraju dovoljno jakim.

MYCIN dalje daje mogućnost da se pojavi dokaza dodijeli neka vjerovatnoća ≤ 1 . Primjena logičkih operatora AND i OR na takve dokaze ima ekvivalent primjene min i max funkcija respektivno.

Npr. ako ekspertni sistem traži odgovor od korisnika, korisnik može uz svoj odgovor reći koliko je siguran u njega, izraženo u procentima. Ovo daje znatno veću fleksibilnost interfejsa.

Ako neko drugo pravilo potvrđuje istu hipotezu, ali sa različitim CF, pravila se kombinuju na sljedeći način:

$$CF_{uk} = CF_1 + CF_2 (1 - CF_1) \text{ za oba } > 0$$

$$CF_{uk} = (CF_1 + CF_2) / (1 - \min(\text{abs}(CF_1), \text{abs}(CF_2))) \text{ za jedan } < 0$$

$$CF_{uk} = CF_1 + CF_2 (1 + CF_1) \text{ za oba } < 0$$

Za više faktora primjenjujemo formulu inkrementalno – izračunamo za prva 2, pa onda rezultat sa trećim, itd.

Npr. ako jedno pravilo zaključi da hipoteza ima $CF_1 = 0.2$, a drugo $CF_2 = 0.5$, kombinovani CF je $0.2 + (1 - 0.2) * 0.5 = 0.6$.

Dakle, svaki novi CF otklanja dio neznanja, što je potpuno logično i konzistentno sa ljudskim zaključivanjem.

Pokazalo se da je ljudskim ekspertima znatno lakše da pretoče svoje znanje u softver na način da vezu između dokaza i hipoteze izraze procentualno. Takođe, ljudskom korisniku ekspertnog sistema je jednostavno da vjerovanje u odgovor koji daje na neko pitanje izrazi u procentima.

C. Fuzzy logika

Fuzzy logika, ili približno rezonovanje, zasnovana je na radu Loftija Zadeha iz 1965 [9]. Suština ove teorije je da istinitost logičke varijable ne mora biti 0 ili 1, već može biti bilo koja vrijednost u tom intervalu.

Primjer: Čovjek visine 2 metra je visok i sa tim će se složiti svako. Međutim, za čovjeka visine 1.8 metara 30-40% ljudi neće reći da je visok. Ovdje se može reći da promjenljiva koja određuje njegovo članstvo u skupu visokih ima neku vrijednost koja je manja od 1.

TABELA III. PRIMJERI LINGVISTIČKIH VARIJABLI

Lingvistička varijabla	Tipične vrijednosti
Brojnost	skoro nijedan, par, malo, nekoliko, par desetina, stotinjak...
Životna dob	beba, dijete, tinejdžer, odrasla osoba, srednjih godina, star, metuzalem
Boja	crvena, plava, zelena, plavozelena, akvamarin, tirkizna, indigo
Jačina svjetla	slabo, blago, normalno, svijetlo, jako

Primjer 2: Donja granica mjesečne plate za odobrenje nekog kredita je 1000KM. Može li se kredit odobriti nekome ko prima platu od 999KM?

Važna primjera fuzzy skupova je računaska lingvistika [4], tj. pokušaj da se sa izjavama govornog jezika računa na način analogan logičkim izračunavanjima logičkih izraza. Tabela III daje primjer nekih jezičkih varijabli i njihovih tipičnih vrijednosti.

Uporedimo sada našu tabelu II u kojoj su date ocjene za RADAR. Imamo upravo lingvističke varijable na djelu. Međutim, jedan od problema fuzzy teorije nastaje kad pokušamo da dodijelimo brojne vrijednosti, ili raspone vrijednosti, lingvističkim varijablama, baš kao što je to učinjeno sa RADAR ocjenama. Ovdje neminovno stupa na snagu subjektivno. Za posmatrača koji ide u osnovnu školu, neko ko ima 40 godina je star. Za nekoga u devedesetim, četrdesetogodišnjak je skoro dijete. Možemo pomenuti i staru izreku: Ljepota je u oku posmatrača.

Dalje objašnjenje fuzzy logike prevazilazi obim ovog rada – izložili smo dovoljno podataka za našu diskusiju koja slijedi nakon prezentovanja još jedne paradigme.

D. Dempster-Shafer teorija dokaza

Ova teorija (u daljem tekstu D-S teorija) je zasnovana na radovima Artura Dempstera [6] i Glana Šafera [7]. Može se smatrati generalizacijom Bejzove teoreme, jer za razliku od nje daje vjerovatnoće ne samo pojedinačnim događajima, već i njihovim kombinacijama.

Uzećemo jednostavan primjer. Recimo da testiramo pacijenta na vrstu polenske alergije, i da znamo da je pacijent alergičan samo na jednu vrstu polena. Uradili smo test koji tvrdi da je pacijent alergičan na polen trava (T) ili drveća (D) sa vjerovatnoćom 70%. U D-S teoriji se ne pretpostavlja automatski da pacijent sa 30% vjerovatnoće nije alergičan, već to predstavlja mjeru neznanja. Uradimo sad drugi test koji tvrdi da je pacijent alergičan na polen trava (T) sa 90% vjerovatnoće.

U D-S teoriji, ove vjerovatnoće se nazivaju mase dokaza, i označavaju se slovom m. Mjera neznanja označava se grčkim slovom theta (Θ). Ovom notacijom, naš primjer se piše ovako:

$$\begin{aligned} m_1(\{T,D\}) &= 0.7 & m_2(\Theta) &= 0.3 \\ m_2(T) &= 0.9 & m_2(\Theta) &= 0.1 \end{aligned}$$

Ovi dokazi se sad mogu kombinovati koristeći Dempsterovo pravilo kombinacije [6]-[7], koje se svodi na množenje presječnih vjerovatnoća:

$$\begin{array}{lll} m_2(T)=0.9 & & m_2(\Theta)=0.1 \\ m_1(T,D)=0.7 & \{T\}=0.63 & \{T,D\}=0.07 \\ m_1(\Theta)=0.3 & \{T\}=0.27 & \{\Theta\}=0.03 \end{array}$$

Sad vjerujemo da je pacijent alergičan na polen trava sa vjerovatnoćom $0.63+0.27 = 0.9$ tj. 90%, sa mogućnošću do 97% (dodajemo i vjerovatnoću događaja $\{T,D\}$ da je pacijent alergičan na trave ili drveće). Neznanje ostaje 3%.

Ovdje vidimo da D-S teorija umjesto jedinstvenog rezultata daje kao rezultat raspone vjerovatnoća između vjerovatnog i mogućeg (originalni termini *belief* i *plausibility* [6]), i u primjeru je taj rezultat raspon od 90% do 97%.

Sad uzmimo da treći test daje konfliktan rezultat da je pacijent alergičan na polen korova (K) sa vjerovatnoćom od 95%. D-S notacijom, to je:

$$m_3(\{K\}) = 0.95 \quad m_3(\Theta) = 0.05$$

Sad ćemo novi dokaz kombinovati sa prethodnim rezultatom:

$$\begin{array}{lll} m_3(K)=0.95 & & m_3(\Theta)=0.05 \\ m_1 \times m_2(T)=0.9 & \{\emptyset\}=0.855 & \{T\}=0.045 \\ m_1 \times m_2(T,D)=0.07 & \{\emptyset\}=0.0665 & \{T,D\}=0.0035 \\ m_1 \times m_2(\Theta)=0.03 & \{K\}=0.0285 & \{\Theta\}=0.0015 \end{array}$$

Ovdje imamo novu situaciju. Pored skupa Θ koji znači neznanje, tj. mogućnost bilo kog ishoda, sad imamo i prazan skup \emptyset koji znači nemogućnost nijednog ishoda, i javlja se zato što $\{K\}$ i $\{T\}$, odnosno $\{K\}$ i $\{T,D\}$ nemaju nijedan zajednički element.

Primijetimo da je sada suma svih presječnih masa manja od 1 ($0.0285 + 0.045 + 0.0035 + 0.0015 = 0.0785$), jer je po D-S teoriji masa praznog skupa uvijek 0. Međutim, suma presječnih masa mora biti 1 za kombinovane dokaze. U ovoj situaciji normalizujemo mase dijeleći svaku od njih sa $1-k$, gdje je k suma izračunatih masa praznih skupova.

U našem primjeru, $k = 0.855 + 0.0665 = 0.9215$, pa je $1-k = 0.0785$. Dijeleći svaku masu iz gornje tabele sa $1-k$ dobijemo normalizovane vrijednosti:

$$\begin{array}{l} m_1 \times m_2 \times m_3 \{K\} = 0.363 \\ m_1 \times m_2 \times m_3 \{T\} = 0.573 \\ m_1 \times m_2 \times m_3 \{T,D\} = 0.045 \\ m_1 \times m_2 \times m_3 \{\Theta\} = 0.019 \end{array}$$

Sad je raspon vjerovatnoće da je pacijent alergičan na trave od 57,3% do 61,8% (kad dodamo vjerovatnoću za $\{T,D\}$).

Ova normalizacija je ujedno glavni problem D-S teorije. Naime, normalizacija ignoriše vjerovanje da razmatrani objekt ne postoji. Poznati primjer [4] navodi dijagnozu pacijenta sa glavoboljom od strane dva doktora A i B:

$$\begin{array}{l} m_A(\text{meningitis}) = 0.99 \\ m_A(\text{tumor na mozgu}) = 0.01 \\ m_B(\text{udarac u glavu}) = 0.99 \\ m_B(\text{tumor na mozgu}) = 0.01 \end{array}$$

Oba doktora daju male šanse za tumor, ali se ne slažu oko najvjerovatnije dijagnoze. Dempsterovo pravilo kombinacije daće kombinovano vjerovanje od 100% za tumor na mozgu – neočekivan i neintuitivan rezultat!

$$\begin{array}{lll} m_B(U)=0.99 & & m_B(T)=0.01 \\ m_A(M)=0.99 & \{\emptyset\}=0.9801 & \{\emptyset\}=0.0099 \\ m_A(T)=0.01 & \{\emptyset\}=0.0099 & \{T\}=0.0001 \end{array}$$

Naime, pošto su sve ostalo prazni skupovi, vjerovatnoća $\{T\}$ nakon normalizacije postaje 100%! Ovo je značajan problem za primjenu D-S teorije.

III. REZULTATI

Istraživanjem smo analizirali aktuelne paradigme ekspertnih sistema, i ustanovili da se znatno razlikuju u načinu tretiranja neznanja i neizvjesnosti, kao i da se sa različitim uspjehom nose sa subjektivnošću posmatrača.

Upravo subjektivnost posmatrača je bitan parametar za izbor tehnologije za izradu ekspertnog sistema za implementaciju upitnika i alata za samoocjenjivanje u modelu izvrsnosti, jer veća subjektivnost utiče na veći otklon od realne ocjene izvrsnosti. Zato moramo dati prednost ekspertnom sistemu koji bolje eliminiše subjektivnost, i čak i nakon napravljenog izbora tehnologije, u implementaciji posebno voditi računa o tome.

IV. DISKUSIJA

Nakon uvida u više tehnologija kojima se može implementirati ekspertni sistem, mogu se izvući određeni zaključci.

Kod Bejzove vjerovatnoće, trivijalan primjer koji smo naveli pokazuje na šta se njena primjena svodi u praksi: “uzećemo”, “bar”, “recimo” ...

Praktična primjena Bejzove teoreme je vrlo ograničena zbog potrebnih visokih standarda ulaznih parametara, koje je rijetko moguće ispuniti. Malo koji ekspert je spreman da svoje znanje izrazi u vidu Bejzovih priori i posteriori vjerovatnoća – ljudski mozak jednostavno tako ne funkcioniše!

Faktori sigurnosti su se u praktičnim ekspertnim sistemima pokazali kao intuitivan način transfera znanja između čovjeka i

ekspertnog sistema, bilo kod prenosa znanja eksperta u ekspertni sistem, ili kod upotrebe ekspertnog sistema od strane krajnjeg korisnika. Ujedno, riješen je glavni problem Bejzove teoreme – nije potrebno poznavati priori vjerovatnoće za svaki dokaz. Lakše je eliminisati i subjektivnost nego npr. kod fuzzy logike – odgovore od više korisnika je lako moguće uporediti kad se izražavaju brojčanim umjesto opisnim veličinama.

Fuzzy logika je najopštija teorija nesigurnosti i ima najširu primjenu, ne samo u ekspertnim sistemima. Ono što smatramo kao potencijalni problem njene primjene – slabu mogućnost eliminacije subjektivnog - smo već identifikovali. Nejasnost pripadanja varijable nekom skupu, kombinovana sa vrlo mogućom različitom interpretacijom vrijedosti lingvističkih varijabli od strane krajnjeg korisnika daje širok prostor za subjektivnost.

D-S teorija, kao što smo pokazali, ima ozbiljan problem kombinovanja konfliktnih dokaza koji se slažu u manje vjerovatnim ishodima. Nažalost, pošto je neslaganje ljudskih eksperata često u praksi, teško da možemo na trenutnom obliku D-S teorije izgraditi praktičan ekspertni sistem.

Jedini zaključak koji se može izvesti iz navedenog je da, iako sve pomenute tehnologije imaju primjenu u određenim oblastima, faktore sigurnosti možemo izdvojiti kao paradigmu prvog izbora na kojoj bismo razvijali ekspertni sistem za samoocjenjivanje u modelima izvrsnosti. Drugi izbor bila bi fuzzy logika, ali sa potrebom preciznije i unaprijed date definicije lingvističkih varijabli ulaznih parametara.

ZAHVALNICA

Zahvaljujemo se prof. dr Zdravku Krivokapiću, pod čijim mentorstvom će biti urađeni master radovi koji se direktno nadovezuju na ovaj rad, na pomoći kod odabira tema i pruženoj podršci. Takođe se zahvaljujemo doc. dr Ljerki Jeftić na izvanrednim smjernicama tokom pripreme za izradu radova i na nesebičnoj posvećenosti studentima.

LITERATURA

- [1] S. Mandić, "Priprema i plan istraživanja za Razvoj modela izvrsnosti sa specifičnostima za Republiku Srpsku", Fakultet za proizvodnju i menadžment Trebinje – seminarski rad, mart 2015.
- [2] W. E. Deming, *Out of the Crisis*, MIT Press, 1986.
- [3] M. Heleta, *TQM Model za poslovnu izvrsnost*. Beograd, Srbija: EDUCTA, 1998.
- [4] E. Castillo, J. M. Gutierrez, A. S. Hadi, *Expert systems and probabilistic network models*. New York, USA: Springer-Verlag, Inc. 1997.
- [5] Zvanični Web sajt EFQM organizacije (dostupno na www.efqm.org).
- [6] A. Dempster, "Upper and lower probabilities induced by a multivalued mapping". *The Annals of Mathematical Statistics* 38 (2): 325–339., 1967.
- [7] G. Shaffer, *A Mathematical Theory of Evidence*, Princeton University Press, 1976.
- [8] E.H. Shortliffe; B. G. Buchanan, "A model of inexact reasoning in medicine". *Mathematical Biosciences* 23 (3–4): 351–379. 1975.
- [9] L.A. Zadeh, "Fuzzy sets". *Information and Control* 8 (3): 338–353., 1965.
- [10] R. Carnap, *Logical Foundations of Probability*. 2nd ed. Chicago: University of Chicago Press, 1950/1962.

ABSTRACT

Excellence models, as a dominant paradigm of quality management, represent an identifying factor for a sustainably great organisations, and for organisations with ability to become such. Analysis of every excellence model implementation requires answering a set of questions, usually structured as a (self)assessment questionnaire. Expert systems are an ideal tool for implementation of such questionnaire, due to their possibilities for reasoning in conditions of limited data, and giving answers weighted with certain probabilities. From the leading paradigms for expert system development (Bayes theorem, certainty factors, fuzzy logic and Dempster-Shafer evidence theory), we have selected the certainty factors as a system closest to the human reasoning, with the least number of problems in the elimination of subjectivity.

IMPLEMENTATION OF EXCELLENCE MODEL SELF-ASSESSMENT TOOL AS AN EXPERT SYSTEM

Ranko Mandić, Svjetlana Mandić