

**EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA HOSPODÁRSKEJ INFORMATIKY**

Evidenčné číslo: 103004/B/2016/36069387448892164

**APLIKÁCIA FUZZY LOGIKY A FUZZY
MNOŽÍN PRE ROZHODOVACIE A VÝBEROVÉ
PROCESY**

Bakalárska práca

2016

Viktória Leczová

**EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA HOSPODÁRSKEJ INFORMATIKY**

**APLIKÁCIA FUZZY LOGIKY A FUZZY
MNOŽÍN PRE ROZHODOVACIE A VÝBEROVÉ
PROCESY**

Bakalárska práca

Študijný program: Hospodárska informatika

Študijný odbor: Hospodárska informatika

Školiace pracovisko: Katedra aplikovanej informatiky

Vedúci záverečnej práce: RNDr. Ľubomír Turňa, CSc.

Bratislava 2016

Viktória Leczová

Čestné vyhlásenie

Čestne vyhlasujem, že záverečnú prácu som vypracovala samostatne a že som uviedla všetku použitú literatúru.

Dátum:

.....

Pod'akovanie

Touto cestou by som sa chcela predovšetkým pod'akovať vedúcemu bakalárskej práce, RNDr. Ľubomírovi Turňovi, CSc., za ochotu, čas, trpezlivosť, poskytnutie literatúry a usmernenie pri písaní práce.

ABSTRAKT

LECZOVÁ, Viktória: *Aplikácia fuzzy logiky a fuzzy množín pre rozhodovacie a výberové procesy*. - Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra aplikovanej informatiky. - Vedúci práce: RNDr. Ľubomír Turňa, CSc., Bratislava, FHI EU, 2016, počet strán 50

Cieľom bakalárskej práce je aplikácia fuzzy logiky pre nami zvolený rozhodovací proces. Práca je rozdelená do troch kapitol. Obsahuje 7 grafov, 4 tabuľky a tri obrázky. Prvá kapitola je venovaná teórii fuzzy logiky a fuzzy množín. V druhej kapitole je popísaný podrobný cieľ práce a využitá metodika práce. Kapitola tretia charakterizuje rozhodovací proces na ktorý sa uplatňuje fuzzy logika. Najprv je popísaná problematika obsadzovania kandidáta, tvorená požiadavkou zadávateľa zákazky. Na základe požiadaviek sú vytvorené kritéria hodnotenia a aplikujú sa t-normy pracujúce s váhami a bez váh na vyhodnotenie najvhodnejšieho kandidáta. Výsledkom riešenia danej problematiky je poukázanie na využitie fuzzy logiky pri narábaní s ľudským kapitálom a jej použitie ako pomôcky pri rozhodovacom procese.

Kľúčové slová:

Fuzzy logika, fuzzy množina, t-normy, rozhodovací proces, kritériá

ABSTRACT

LECZOVÁ, Viktória: *The application of fuzzy logic and fuzzy sets for decision-making and selection process*. -University of Economics in Bratislava. Faculty of Economic Informatics, Department of Applied Informatics. -Tutor: RNDr. Ľubomír Turňa, CSc., Bratislava, FHI EU, 2016, 50 pages

The aim of this thesis is the application of fuzzy logic to a selected decision-making process. The work is divided into three chapters. It contains seven graphs, four tables and three pictures. The first chapter is devoted to the theory of fuzzy logic and fuzzy sets applied in the thesis. The second part describes the detailed aims and the methodology of work. Chapter Three characterizes the decision-making process, to which we apply fuzzy logic. First is described the process of candidate placement, then the requirements of the position to be filled. Afterward criteria are made to value the abilities of candidates. Based on the requirements of the established evaluation criteria, t-norms working with weights and free weights are applied to evaluate the most suitable candidate. The result of the thesis is a demonstration of the use of fuzzy logic in the handling of human capital and its use as a tool in the decision-making process.

Key words:

Fuzzy logic, fuzzy sets, t-norms, decision-making process, criteria

Obsah	
Zoznam obrázkov	9
Zoznam grafov	9
Zoznam tabuliek	9
Úvod	10
1 Súčasný stav výberu kandidátov doma a v zahraničí.....	11
1.1 História Fuzzy logiky	12
1.2 Teória fuzzy množín	13
1.3 Operácie s fuzzy množinami	15
1.4 Tvary funkcií príslušnosti	16
1.5 T-normy.....	18
2 Cieľ a metodika práce	20
3 Výsledky práce	21
3.1 Analýza problému	21
3.2 Predstavenie kandidátov.....	23
3.3 Kritéria hodnotenia.....	29
3.4 Hodnotenie kandidátov	37
3.5 Aplikácia T-noriem bez váh.....	40
3.6 Aplikácia T-noriem s váhami.....	43
3.7 Vyhodnotenie kandidátov	46
Záver	48
Zoznam použitej literatúry	49

Zoznam obrázkov

Obr. 1 Lotfi A. Zadeh	12
Obr. 2 Trojuholníková fuzzy množina.....	17
Obr. 3 Lichobežníková fuzzy množina.....	17

Zoznam grafov

Graf 1 Funkcia hodnotenia na základe skúsenosti s automotive	30
Graf 2 Funkcia hodnotenia na základe počtu rokov na vedúcej pracovnej pozícii	30
Graf 3 Funkcia hodnotenia na základe skúseností s environmentálnym manažmentom ...	31
Graf 4 Funkcia veku kandidáta	34
Graf 5 Funkcia vzdialenosti bydliska od miesta výkonu práce	35
Graf 6 Funkcia množstva ľudí vedených v minulosti.....	36
Graf 7 Funkcia platového očakávania kandidáta	36

Zoznam tabuliek

Tab. 1 Ohodnotenie prvého kandidáta	38
Tab. 2 Ohodnotenie druhého kandidáta	39
Tab. 3 Ohodnotenie všetkých kandidátov.....	39
Tab. 4 Porovnanie výsledkov minimovej a súčinovej t-normy	46

Úvod

Rozhodovanie je prakticky každodennou činnosťou človeka. Rozhodujeme sa o riešení niekedy drobných nepodstatných a inokedy o veľmi dôležitých problémoch. Rozhodujeme sa o cieľoch, o postupoch, o tom, ako reagovať na zmeny, na vzniknuté problémy. Každý, kto sa rozhoduje, usiluje o to, aby prijaté rozhodnutie čo najlepšie odrážalo východiskové podmienky, stavy a vývoj okolia a najmä, aby čo najefektívnejšie prispelo k dosiahnutiu stanovených cieľov

Rozhodovanie je činnosť, ktorá analyzuje problém ako predmet riešenia, stanovuje možné varianty riešenia a podľa zvolených kritérií vyberá najvýhodnejší spôsob riešenia. Rozhodovanie patrí medzi dôležité súčasti manažmentu v podniku, závisí od kvality rozhodovacieho procesu. Rozhodovací proces zahŕňa identifikáciu problému, analýzu problému, alternatívne riešenia a najvhodnejšie riešenia na základe stanovených kritérií. Stále väčšia zložitosť a komplexnosť riešených problémov stavia nové požiadavky na zovšeobecnenie vhodných metód, postupov a techník pre účinné riešenie zložitých rozhodovacích situácií, čo kladie nároky na ďalší rozvoj teórie rozhodovania a využitie jej výsledkov v manažérskej praxi.

Pri matematickom modelovaní sa často stretávame s dvoma veľmi nepríjemnými problémami. Na jednej strane to je zložitosť reality, ktorá spôsobuje, že buď nie sme schopný zostaviť matematický model, alebo je taký zložitý, že je nepoužiteľný. Na druhej strane je to neurčitosť, ktorá je spôsobená našou neschopnosťou definovať presne realitu. Pri použití prirodzeného jazyka táto neurčitosť nie je prekážkou, klasická matematika sa však s neurčitosťou pojmov nevyrovnala. Fuzzy logika, založená na teórii fuzzy množín a pravdepodobnosti, bola vyvinutá na aproximatívnu reprezentáciu a usudzovanie s nepresnými informáciami často sa vyskytujúcimi v reálnom svete, čo sa odráža v prirodzenom jazyku. Konkrétne sa fuzzy logika dokáže vysporiadať s čiastočnou pravdou, ako aj s mierami možnosti a nevyhnutnosti neurčitosti, dopĺňujúc tak miery pravdepodobnosti.

1 Súčasný stav výberu kandidátov doma a v zahraničí

Na Slovensku aj v zahraničí sa praktiky náboru zamestnancov zásadne nelíšia od seba. Využíva sa klasická metóda uverejnenia pútavého inzerátu za pomoci masovokomunikačných prostriedkov ako je tlač, televízia, rádio alebo najaktuálnejšie internet. Väčšinou kandidáti reagujú na pracovné ponuky sami alebo dochádza ku „headhunting“-u, čo predstavuje presne cielené a premyslené smerovanie pracovnej ponuky identifikovanému potenciálne vhodnému kandidátovi. Najlepším ukazovateľom budúceho výkonu je výkon minulý, ktorý sa na základe životopisu kandidáta posudzuje. Vhodní kandidáti sa pozývajú na osobné pohovory, kde sa preverí ich kvalifikovanosť a následne je vybraný jeden na obsadzovanú pozíciu.

Otázka, ktorou sa v bakalárskej práci zaoberám, je : „Ako správne ohodnotiť kandidáta?“. Kľúčovou metódou pri celkovom hodnotení, vrátane hodnotenia kompetencií, je štandardizované štruktúrované hĺbkové interview, ktoré vedie personalista. Personalista na pohovore hodnotí minulé úspechy, skúsenosti, vzdelanie a prax v obore, celkový talent, riadenie, organizáciu, vodcovstvo ale aj charakter kandidáta. Okrem pohovoru sa používa celý rad ďalších metód, ktorými sa overujú schopnosti alebo vhodnosť jednotlivých kandidátov. Ide o zber a analýzu základných informácií (životopis a ďalšie podkladové materiály), využitie referencií, rôzne vedomostné testy, štandardizované psychodiagnostické a inteligenčné testy, riešenie modelových situácií, assesment centrá, zriedka grafologický rozbor a podobne. Výber konečnej množiny metód vrátane testov je individuálny a vždy sa stanovuje podľa druhu a charakteru obsadzovanej pozície. S niektorými metódami môžu pracovať iba psychológovia, v iných prípadoch personalisti či konzultanti personálno-poradenských spoločností pomoc špecialistov nepotrebujú a so svojimi skúsenosťami a znalosťami si vystačia sami. Tieto metódy sú zamerané na zhodnotenie intelektuálnych schopností a invencie, štruktúry osobnosti, interpersonálnych zručností, frustračnej tolerance, organizačných schopností, tímovej roly, štýlu vedenia, vodcovstva a motivácie. Kombináciou výsledkov jednotlivých testov a pozorovania testovaného možno získať ďalší kamienok do celkovej mozaiky o vhodnosti, resp. nevhodnosti kandidáta na obsadzovanú pozíciu.

Jednou z možností na zhodnotenie vhodnosti kandidáta je aj využitie fuzzy logiky. Jej použitie je vhodné v rozhodovacích procesoch za neistoty, kde sa používajú pojmy ako *málo*, *stredne*, *veľa* atď. Fuzzy logika je matematický odbor odvodený z teórie fuzzy množín, v ktorej sa logické výroky ohodnocujú stupňom príslušnosti k množine hodnotenia v

intervale 0 - 1, vrátane hraničných hodnôt. V klasickej teórii množín prvok do množiny buď patrí alebo nepatrí.

Vyjadrovanie ľudí je často nepresné. Pomocou fuzzy logiky je možné matematicky vyjadriť slovné informácie, čím umožňuje pracovať s nejednoznačnými pojmami, často používanými v ľudskej reči a taktiež umožňuje vyjadriť čiastočnú príslušnosť k množine a vyhľadávanie informácií na základe neúplných alebo nepresných údajov.

1.1 História Fuzzy logiky

Obmedzenosť klasickej matematiky pri popise rozsiahlych systémov, v ktorých hlavnou úlohou je človek, priviedla amerického matematika a inžiniera Lotfi Aliasker Zadeha na myšlienku fuzzy logiky. Prvý článok, ktorý prof. Zadeh publikoval v roku 1965 v časopise „Information and Control“ niesol názov „Fuzzy sets“.



Obr. 1 Lotfi A. Zadeh

V sedemdesiatych rokoch sa pojem fuzzy množín dostáva do povedomia vedeckej verejnosti a dochádza k záujmu práce s touto tematikou. V roku 1970 vyšlo 25 prác, ale v roku 1975 to bolo už 227 prác. Dnes prakticky neexistuje odbor, v ktorom by sa nenašli pokusy aplikovať fuzzy množiny. Dôvod je zrejme v jej jednoduchosti a pochopiteľnosti. To však často vedie autorov k podceňovaniu problému, takže nie všetky práce prinášajú ozaj cenné myšlienky.

S cieľom ustanovenia teórie fuzzy množín ako vážnej vedeckej disciplíny, začal v roku 1978 vychádzať v nakladateľstve Nort-Holland časopis „International Journal of Fuzzy Sets and Systems“. Bolo publikovaných niekoľko kníh o teórii a aplikácii fuzzy

množín, napr. „Fuzzy Systems“ od autora C. V. Negoita alebo od prof. Ing. Viléma Nováka z Českej republiky, ktorý je autorom asi približne 200 vedeckých a odborných prác nielen v obore fuzzy logiky a fuzzy množín. V Československej socialistickej republike roku 1982 bola založená pracovná skupina pre Fuzzy množiny a systémy rámci Jednoty českých matematiků a fyziků, ktorá združuje pracovníkov teórie aj praxe.

V roku 1984 bola založená celosvetová organizácia The International Fuzzy Systems Association (IFSA) určená na podporu, rozvoj a propagáciu hlavných otázok fuzzy teórie, týkajúcej sa fuzzy množín, fuzzy logiky, fuzzy vzťahov, prirodzeného jazyka, tvorby koncepcie, jazykového modelovania, vágnosti, atď. a ich aplikácií pri systémovom modelovaní, systémovej analýze, diagnostikovaní, predpovedaní a kontrole systémov na podporu rozhodovania v oblasti riadenia a správy ľudských organizácií ako aj elektromagnetických systémov v spracovateľskom priemysle.

1.2 Teória fuzzy množín

Klasické množiny možno určiť viacerými spôsobmi, napríklad vymenovaním jej prvkov, určením charakteristickej vlastnosti alebo funkciou. Pri klasických množinách môže prvok byť v množine alebo nie, teda nadobúda pravdepodobnostné hodnoty 0 alebo 1. Na rozdiel od klasických množín je fuzzy množina daná, len ak je daná jej funkcia príslušnosti. Pri fuzzy množinách nám funkcia príslušnosti udáva, nakoľko je prvok v množine, teda hodnoty príslušnosti sú z intervalu 0 po 1.

Na jednoduchom príklade si vysvetlíme rozdiel medzi ostrou (klasickou) množinou a fuzzy množinou. Majme tvrdenie : „Matej je vysoký“. Definujme funkciu, ktorá nám podľa výšky človeka určí, či je človek vysoký alebo nie :

$$X \text{ je vysoký} \begin{cases} = 1 \text{ ak } \text{výška}(X) \geq 190 \text{ cm,} \\ = 0 \text{ ak } \text{výška}(X) < 190 \text{ cm.} \end{cases}$$

Určme si, že Matej má výšku 191 cm. Podľa našej funkcie mu teda priradíme hodnotu 1. Peter meria 189 cm, teda podľa vytvorenej funkcie mu priradíme 0, čo sa intuitívne zdá ako nie najvhodnejšia metóda vyjadrenia toho, či je niekto vysoký. Vo fuzzy logike môžeme tvrdeniu priradiť ľubovoľnú hodnotu od 0 po 1. Na určenie nakoľko je tvrdenie pravdivé, definujeme funkciu príslušnosti, ktorá nám podľa výšky človeka určí pravdepodobnosť príslušnosti. Majme nasledujúcu funkciu, ktorá vyjadruje, nakoľko patrí človek do množiny vysokých ľudí

$$\text{"X je vysoký"} \begin{cases} = 1 & \text{ak } \text{výška}(X) \geq 190\text{cm}, \\ = \frac{(\text{výška}(X) - 170)}{20} & \text{ak } 170 < \text{výška}(X) < 190, \\ = 0 & \text{ak } \text{výška}(X) \leq 170\text{cm}. \end{cases}$$

Pri fuzzy prístupe sa o daných prvkoch môže tvrdiť nielen to, že patria alebo nepatria do množiny, ale aj používať výrazy: jednoznačne nepatrí, výrazne patrí, úplne patrí alebo čiastočne patrí, teda príslušnosť prvku do množiny nie je ohraničená iba hodnotami, ale aj celým intervalom $\langle 0,1 \rangle$. Ak si výsledky príkladu vyjadríme na základe množín, tak Matej je v „ostrej“ množine vysokých ľudí, zatiaľ čo Peter v nej nie je, čo nám vraví, že medzi Matejom a Petrom je veľký výškový rozdiel. Hodnoty príslušnosti do fuzzy množiny vysokých ľudí, nám naopak vypovedajú, že obaja sú podobnej výšky, pretože ich hodnoty príslušnosti majú tiež blízke hodnoty.

Fuzzy množina A je množina prvkov $x \in X$, kde každému z nich je priradený stupeň príslušnosti $\mu_A(x)$ ktorého hodnoty sa pohybujú v rozmedzí $\langle 0,1 \rangle$. Môže obsahovať diskrétny objekty, ale aj spojité objekty. Matematicky sa dá zapísať v podobe

$$A = \{(x, \mu_A(x)); x \in X\}, \quad (1.1)$$

kde X predstavuje tzv. univerzum.

Funkcia príslušnosti je potom zovšeobecnenou charakteristickou funkciou množiny v zápise

$$\mu_A(x): X \rightarrow \langle 0,1 \rangle, \quad (1.2)$$

pričom tvar a parametre funkcie príslušnosti môžu byť v jednotlivých prípadoch stanovené na základe praktických skúseností, alebo známych vlastností analyzovaného javu.

Správne definovaná fuzzy množina má podľa [11] nasledujúce základné vlastnosti:

- Nosič fuzzy množiny je ostrá množina, pre ktorej prvky platí, že ich hodnoty funkcií príslušnosti sú rôzne od nuly. Jej základnou vlastnosťou je

$$\text{supp}(A) = \{x \in X, \mu_A(x) > 0\}. \quad (1.3)$$

- Jadrom fuzzy množiny A je ostrá množina, do ktorej patria všetky prvky, ktorých stupeň príslušnosti sa rovná 1. Platí :

$$\text{core}(A) = \{x \in X, \mu_A(x) = 1\}. \quad (1.4)$$

- Výška fuzzy množiny A je najväčšia hodnota stupňa príslušnosti z príslušnosti prvkov patriacich do fuzzy množiny A, teda je to najmenšia horná hranica fuzzy množiny A. Výška h je daná vzorcom :

$$h(A) = \sup \mu_A(x). \quad (1.5)$$

- Alfa-rezom fuzzy množiny A, je ostrá množina , pre ktorej prvky platí, že ich hodnoty funkcií príslušnosti sú väčšie alebo rovné α . Matematicky sa alfa-rez definuje ako

$$A_\alpha = \{x \in X, \mu_A > \alpha\}, \quad (1.6)$$

pričom α je z množiny $(0, 1)$.

- Alfa-hladinou fuzzy množiny A, je ostrá množina, pre ktorej prvky platí, že ich hodnoty funkcií príslušnosti sú práve rovné α . Matematicky:

$$A^\alpha = \{x \in X, \mu_A = \alpha\}. \quad (1.7)$$

1.3 Operácie s fuzzy množinami

Pán Navara [9] uvádza, že podobne ako pri klasických množinách sa aj pri fuzzy množinách používajú operácie prieniku, zjednotenia a doplnku.

Pri klasických množinách prienikom dvoch množín A a B rozumieme množinu všetkých prvkov, ktoré patria do množiny A a zároveň do množiny B. Prienikom dvoch fuzzy množín A a B je fuzzy množina C, ktorú môžeme zapísať v tvare $C = A \cap B$ alebo $C = A \text{ AND } B$, ktorej funkcia príslušnosti je

$$\mu_C(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x) \quad (1.8)$$

a predstavuje aká časť prvku je v oboch množinách.

V klasickom chápaní množín zjednotením množín A a B je množina všetkých prvkov množiny U, ktoré patria aspoň do jednej z množín A a B. Zjednotením dvoch fuzzy množín A a B je fuzzy množina C, čo možno zapísať ako $C = A \cup B$ alebo $C = A \text{ OR } B$, ktorej funkcia príslušnosti je

$$\mu_C(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) = \mu_A(x) \vee \mu_B(x) \quad (1.10)$$

a vyjadruje aká časť prvku je v jednej alebo druhej množine.

Fuzzy doplnok (komplement) je základná operácia s fuzzy množinou, ktorá sa označuje ako $\bar{A}$ ($\neg A$, $NOT A$) a je definovaná ako

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (1.11)$$

a predstavuje aká časť prvku nie je v množine. Paralelou doplnku v klasických množinách je negácia.

Fuzzy množina A je podmnožinou fuzzy množiny B práve vtedy keď $\mu_A(x) \leq \mu_B(x)$ pre všetky $x \in A$, pre ktoré platí

$$A \subseteq B \leftrightarrow \forall x \in A : \mu_A(x) \leq \mu_B(x). \quad (1.12)$$

1.4 Tvary funkcií príslušnosti

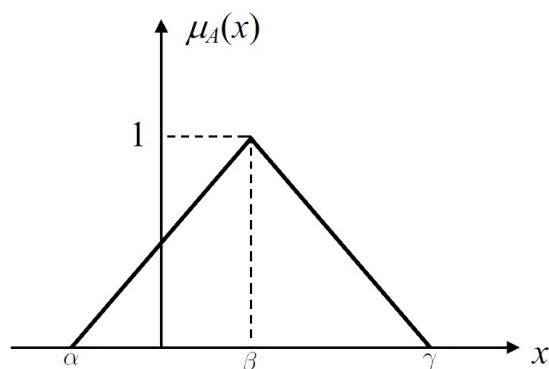
V predchádzajúcej kapitole bolo naznačené, že tvary funkcií príslušnosti sú v jednotlivých aplikáciách rôzne a určujú sa intuitívne, na základe skúseností, dopytovaním sa expertov alebo skonštruovaním z dostupných dát. Funkcie príslušnosti delím na lineárne a nelineárne. Pre ich jednoduchosť sa najčastejšie používajú lineárne funkcie príslušnosti. Medzi najznámejšie patrí trojuholníková a lichobežníková funkcia príslušnosti.

Trojuholníková fuzzy množina je definovaná dolným ohraničením a , horným ohraničením b a hodnotou m , pre ktorú dosahuje najväčšiu hodnotu stupňa príslušnosti nasledovne

$$A(x) = \begin{cases} 1 & x = m \\ \frac{x-a}{m-a} & x \in (a, m) \\ \frac{b-x}{b-m} & x \in (m, b) \\ 0 & x \leq a \vee x \geq b. \end{cases} \quad (1.13)$$

Trojuholníková fuzzy množina je vhodná na modelovanie konceptov strednej hodnoty alebo približnej hodnoty. Parametre a , b , m určujú x -ové súradnice troch vrcholov. Trojuholníková funkcia príslušnosti je špeciálnym prípadom lichobežníkovej pre $b = c$. Platí tvrdenie :

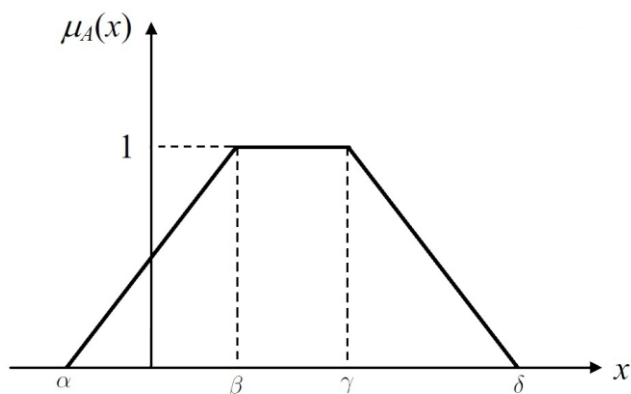
$$triangle(x, a, b, m) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{m-a}, \frac{b-x}{b-m}\right), 0\right). \quad (1.14)$$



Obr. 2 Trojuholníková fuzzy množina

Lichobežníková fuzzy množina je určená dolným ohraničením nosiča a , horným ohraničením nosiča d , dolnou hranicou jadra b a hornou hranicou jadra c . Je najčastejšie používaná a platí :

$$A(x) \begin{cases} 0 & x \leq a \vee x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a} & x \in (a, b) \\ 1 & x \in (b, c) \\ \frac{d-x}{d-c} & x \in (c, d). \end{cases} \quad (1.15)$$



Obr. 3 Lichobežníková fuzzy množina

Lichobežníková fuzzy množina umožňuje jasne definovať interval, v ktorom hodnoty jednoznačne patria do množiny. Platí

$$\text{trapezoid}(x, a, b, c, d) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}\right), 0\right). \quad (1.16)$$

1.5 T-normy

Trojuholníkové normy boli prvýkrát predstavené v kontexte pravdepodobnostných metrických priestorov. Zohrávajú dôležitú úlohu pri rozhodovacích, výberových procesoch a štatistike. Práca sa zaoberá použitím trojuholníkovej normy a konormy na modelovanie prieniku fuzzy množiny.

V matematike t-normy (tiež T-norm alebo trojuholníkové normy) predstavujú druh binárnej operácie používané v rámci pravdepodobnostných metrických priestorov a viachodnotovej logiky, konkrétne fuzzy logiky.

Podľa [3] je triangulárna norma (T-norm) zobrazenie $[0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$ pre ktoré platia tieto podmienky:

- $T(a, 1) = a$ unit element (hraničná podmienka),
- $a \leq b \Rightarrow T(a, c) \leq T(b, c)$ monotonicity (nekesajúcosť),
- $T(a, b) = T(b, a)$ commutativity (komutatívnosť),
- $T(a, T(b, c)) = T(T(a, b), c)$ associativity (asociatívnosť),

kde a, b, c, d sú hodnoty funkcií príslušnosti prvkov množín A, B, C, D .

V klasických množinách je analógiou pre triangulárne normy prienik. Medzi základné, najčastejšie používané t-normy patri:

- minimová t-norma

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}, \quad (1.17)$$

- súčinová t-norma

$$\mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) * \mu_B(x), \quad (1.18)$$

- Lukasiewiczova t-norma

$$\mu_{A \cap B}(x) = \max\{0, \mu_A(x) + \mu_B(x) - 1\}, \quad (1.19)$$

- drastický súčin

$$\mu_{A \cap B}(x) = \begin{cases} \mu_A(x) & \text{pre } \mu_B(x) = 1 \\ \mu_B(x) & \text{pre } \mu_A(x) = 1 \\ 0 & \text{pre } \mu_A(x) \neq 1, \mu_B(x) \neq 1. \end{cases} \quad (1.20)$$

Triangulárnou konormou (T-conorm) chápeme zobrazenie $[0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$, ktoré vyhovuje nasledovným podmienkam:

- $\perp(a, 0) = a$ unit element,
- $a \leq b \Rightarrow \perp(a, c) \leq \perp(b, c)$ monotonicity,
- $\perp(a, b) \leq \perp(b, a)$ commutativity,
- $\perp(a, \perp(b, c)) = \perp(\perp(a, b), c)$ associativity,

kde a, b, c, d sú hodnoty funkcií príslušnosti prvkov množín A, B, C, D . Analógiou triangulárnej konormy (niekedy označovanej ako S-norma) je v klasických množinách zjednotenie.

Výhodou narábania s t-normami a t-konormami je, že t-normu môžeme odvodiť z t-konormy a naopak, t-konormu môžeme vyjadriť z t-normy, pretože platí pre nich duálnosť

$$\perp(a, b) = 1 - T(1 - a, 1 - b), \quad (1.21)$$

$$T(a, b) = 1 - \perp(1 - a, 1 - b). \quad (1.22)$$

2 Cieľ a metodika práce

Cieľom práce je na základe získaných teoretických vedomostí aplikovať fuzzy logiku pri výbere vhodného kandidáta na zvolenú pracovnú pozíciu. V prvej kapitole sa zameriavame na priblíženie súčasného stavu výberu zamestnancov na Slovensku a v zahraničí. Čitateľovi sú predstavené metódy ktoré sa momentálne používajú na hodnotenie kandidátov. Začiatok práce je venovaný stručnej histórii a vývoji fuzzy logiky. Čitateľ sa najprv oboznámi so základnými pojmami a operáciami s fuzzy množinami, potrebnými na vyhodnotenie najvhodnejšieho kandidáta, a následne je mu predstavená problematika, na ktorú sa aplikuje fuzzy logika prostredníctvom t-noriem.

Problematiku predstavuje výber potenciálneho kandidáta na obsadzovanú pracovnú pozíciu pre nemenovanú spoločnosť. Na začiatku praktickej časti práce je čitateľ oboznámený so spoločnosťou, ktorá poskytla potrebné informácie na zrealizovanie bakalárskej práce. Je uvedený postup vyhľadávania kandidátov, aký sa uplatňuje v spoločnosti, ktorý predstavuje osobný kontakt s kandidátmi a ich analýza na základe skúseností konzultantov a personalistov. Čitateľovi je ozrejmeneá realizovaná zákazka, na ktorú sa aplikuje fuzzy logika. Uplatnenie fuzzy logiky si vyžadovalo vytvorenie kritérií hodnotenia kandidáta, ktoré korešpondujú s požiadavkami zadávateľa zákazky. V práci je podrobne popísaný postup ohodnotenia kandidátov podľa nami zvolenými kritériami a uplatnenie jednotlivých t-noriem. Aplikácia t-noriem je poukázaná na minimovej a súčinovej t-norme najprv bez zohľadnenia váh kritérií. Pre presnejšie ohodnotenie kandidáta je následne použitá upravená súčinná t-norma, ktorá narába aj s váhami kritérií. V závere sú výsledky porovnané a je vyhodnotený najvhodnejší kandidát. Práca sa nesnaží vylepšiť súčasnú situáciu a postupy hodnotenia kandidáta, iba ponúka ďalšiu metódu slúžiacu ako pomôcka pri uistení sa vhodným výberom.

Hlavným cieľom práce je aplikácia fuzzy logiky a jej potenciálne využitie v inej ako technickej oblasti. Sekundárnym cieľom je priblíženie problematiky fuzzy logiky čitateľovi, ktorí nie je v tejto téme odborník.

3 Výsledky práce

V súčasnosti existuje množstvo aplikácií fuzzy logiky a najviac sa uplatnila asi v technike. Produkty ktoré sú vybavené fuzzy logikou, sú pre užívateľov atraktívne, nakoľko sa systémy „sami učia“ a nepotrebujú úplný drobnohl'ad používateľa.

V súčasnosti sú populárne tzv. systémy na podporu rozhodovania, kde úloha fuzzy logiky spočíva vo výbere najvhodnejších alternatív. Oblasťou využitia môže byť výber obchodného partnera, vyhodnotenie konkurzu, alebo hoc len efektívne zasielanie reklamných poštových zásielok. V práci sa poukáže na možnosť využitia fuzzy logiky pri rozhodovaní sa o výbere vhodného zamestnanca.

3.1 Analýza problému

Amrop Slovakia je poradenská spoločnosť pôsobiaca na slovenskom a stredoeurópskom trhu. Je súčasťou globálnej siete poradenských spoločností zameraných na kontextom riadené poradenské riešenia v oblasti ľudského kapitálu. Amrop poskytuje poradenské riešenia v týchto oblastiach:

- Executive Search
- Professional Search
- Board Advisory
- Leadership Services
- Executive Coaching

Professional Search je metóda na obsadenie manažérskych a rôznych špecializovaných pozícií, pri ktorej sa využíva kombináciu viacerých vyhľadávacích nástrojov a postupov. Cieľom je na trhu pre klienta nájsť optimálnych kandidátov, ktorí naplňujú profil ideálneho kandidáta, ako aj kandidátov s výrazným rozvojovým potenciálom.. Celý proces má päť fáz: vyhodnotenie potrieb klienta, vytvorenie cieľovej množiny potenciálne vhodných kandidátov, výber kandidátov, prezentácia kandidátov a záverečná negociácia.

V prípravnej fáze sa zmapujú potreby klienta a profil obsadzovanej pozície. Získané informácie sa doplnia o vlastné poznatky konzultantov. Nástroje a postupy vyhľadávania pri službe Professional Search sú:

- amrop database, ktorá sa buduje viac ako dve desaťročia,
- amrop brief – ciele oslovenie kandidátov vyselektovaných z databáz,
- amrop research – identifikácia a priame oslovenie kandidátov v úzkom výbere cieľových spoločností,
- www.amropjobs.sk – zverejňovanie pracovných príležitostí na internom kariérnom portáli,
- inzercia a databázy životopisov na verejne dostupných kariérnych portáloch,
- profesionálne sociálne siete a médiá,

Nasleduje fáza vyhľadávania a identifikácie potenciálne vhodných kandidátov na predmetnú pozíciu. Na identifikáciu kandidátov spĺňajúcich požiadavky klienta sa využíva Amrop databáza. Kľúčovým nástrojom je amrop brief opisujúci pracovnú príležitosť, ktorým sa cielene oslovujú vyselektovaní kandidáti z internej databázy i ďalších dostupných databáz. Počas výberového procesu sa konzultanti sústreďujú na výber najvhodnejších kandidátov z cieľovej množiny uchádzačov, ktorí spĺňajú profil požiadaviek klienta. Prostredníctvom štruktúrovaného personálneho pohovoru sa overujú ich profesijne kvalifikácie a sociálne zručnosti, vyhodnotia sa úspechy a zanalyzuje sa motivácia a osobnosť. Po dôkladnej analýze sa zostaví užší výber kandidátov. Vo fáze prezentácie klientovi sa predstaví užší výber kandidátov. Spolu s klientom sa vyhodnotia jednotliví kandidáti. Po dohode s klientom sa na najvhodnejšieho kandidáta zisťujú referencie. Počas záverečnej fázy klientovi i vybranému kandidátovi sa poskytuje podpora pri negociácii nástupných podmienok.

V roku 2011 spoločnosť Amrop Slovakia, s.r.o., dostala zákazku od spoločnosti špecializujúcej sa na inžiniering a výrobu automobilových a priemyselných komponentov, systémov a modulov v Svätom Jure. Predmetom zákazky bolo nájdenie vhodného kandidáta na pozíciu *Quality & Environmental Manager*. V dôsledku zachovania anonymity sa v práci neuvádzajú konkrétnejšie informácie o zadávateľovi zákazky.

Želaný kandidát mal spĺňať nasledujúce požiadavky :

- dosiahnuté vysokoškolské vzdelanie,
- minimálne 5 rokov skúseností v automobilovom priemysle,
- minimálne 5 rokov pôsobenie na vedúcej pozícii v oblasti riadenia kvality a kontroly,

- minimálne 5 rokov skúseností s environmentálnym manažmentom,
- znalosť ISO 9001 Systému manažmentu kvality,
- pracovná skúsenosť s ISO 14001 Environmentálneho systému a štandardov,
- znalosť tvarovania kovov, zvarovania ocele a hydraulických technológií,
- znalosť anglického jazyka,
- nemecký jazyk výhodou.

Rešeršný tím spoločnosti Amrop identifikoval na základe internej databázy, inzercie a sociálnych sietí okolo 150 potenciálnych kandidátov. Celkový počet sa postupne znižoval na konečné číslo 7 kandidátov, ktorí boli predstavení zadávateľovi zákazky. V práci sa aplikuje fuzzy logika konkrétne na túto množinu ľudí.

3.2 Predstavenie kandidátov

Nasledujúce informácie o kandidátoch sú spracované na základe ich životopisov. V dôsledku ochrany osobných údajov [14] sa uvádzajú len tie informácie o kandidátoch, ktoré súvisia a majú význam s danou zákazkou.

Kandidát číslo 1

vek : 34 (1977)

bydlisko : Šaľa (60 km)

vzdelanie: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre , Prevádzka dopravných a manipulačných strojov, inžinier

doplňujúce kurzy : žiadne

jazyky: anglický aj nemecký jazyk na pokročilej úrovni

očakávaný plat : 2100 € x 12

pracovné skúsenosti:

2007 - súčasnosť **Manažér kvality**

náplň práce : Vedenie tímu 20 ľudí.

Na starosti auditu ISO 14001 .

Zavádzanie zmien v oblasti kvality.

Pravidelná kontrola environmentálnych aspektov.

2006 - 2007

Customer Quality Engineer

náplň práce:

Vedenie tímu 10 ľudí.

Reportovanie manažérovi kvality.

Zodpovednosť za zákaznicke auditu.

2004 - 2005

Projektový manažér

náplň práce:

Na starosti návrh a riadenie výroby tlakových valcov.

Kandidát číslo 2

vek: 37 (1974)

bydlisko: Rohožník (38 km)

vzdelanie: bez vysokoškolského vzdelania

doplňujúce kurzy: Manažment kvality, ISO TS 16949:2002, ISO ISO 9001:2001, audítor ISO 19011 9001:2000

jazyky: anglický aj nemecký jazyk na pokročilej úrovni

očakávaný plat: 2 700€ x 12

pracovné skúsenosti:

2006 - súčasnosť

Manažér kvality

náplň práce:

Vedenie tímu 30 ľudí.

Na starosti Interné auditu ISO 9001.

2002 - 2006

Customer Quality Engineer

náplň práce: Manažovanie environmentálneho systému spoločnosti .
Sledovanie, posudzovanie a vyhodnocovanie
enviromentálnych potrieb zákazníka.

Kandidát číslo 3

vek: 38 (1973)

bydlisko: Leopoldov (57 km)

vzdelanie: Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, Manažment a Marketing (diplomová
práca o zavádzaní ISO noriem kvality v služobnom sektore)

doplňujúce kurzy: audítor ISO 9001:2008 , audítor TS 16949:20002, Manažment kvality pre
automobilový priemysel

jazyky: anglický jazyk na pokročilej úrovni, nemecký jazyk pasívne

očakávaný plat : 2300 € x 12

pracovné skúsenosti:

2010 - súčasnosť **Freelance konzultant v oblasti riadenia kvality**

2009 - 2010 **Manažér kvality**

náplň práce: Vedenie tímu 40 ľudí.

Lean manažment

Zavedenie kľúčových ukazovateľov na meranie výkonnosti kvality.

2009-2009 **Manažér kvality**

náplň práce: Uplatňovanie systému manažérstva kvality v spoločnosti.

2001- 2006 **Plant manažér**

náplň práce: Zodpovednosť za produkciu, kvalitu, logistiku a ľudské zdroje.

Zodpovednosť za plnenie zákonných požiadaviek v oblasti životného prostredia.

Kandidát číslo 4

vek: 40 (1971)

bydlisko: Malacky (39 km)

vzdelanie: Slovenská technická univerzita v Bratislave, Automatizácia, inžinier

doplňujúce kurzy: ISO – TS 16 949

jazyky: anglický jazyk na aktívnej užívateľskej úrovni, nemecký jazyk základy

očakávaný plat: 2 300 € x 12

pracovné skúsenosti:

2005 - 2011 **Head of Complete Vehicle Quality Section**

náplň práce : Vedenie tímu 130 zamestnancov.

Kontrola environmentálnych aspektov.

Vypracúvanie, zavádzanie, udržiavanie a zlepšovanie procesov potrebných pre Systém manažérstva kvality .

2002 - 2005 **Quality Specialist**

náplň práce : Zodpovednosť za kvalitu podvozkov.

Kandidát číslo 5

vek: 46 (1965)

bydlisko: Bratislava (15 km)

vzdelanie : Ekonomická univerzita v Bratislave, Poľnohospodárska ekonomika, bakalár

doplňujúce kurzy: interný a externý audítor ISO TS 16 949, EOQ certifikát¹

¹ EOQ certifikát – najvyšší možný dosiahnuteľný stupeň riadenia kvality, vydávaný Európskou organizáciou pre kvalitu

jazyky: anglický aj nemecký jazyk na aktívnej úrovni

očakávaný plat: 2 650 € x 12

pracovné skúsenosti:

2008 - súčasnosť **Quality Manager**

náplň práce : Vedenie tímu 50 zamestnancov.

2006 - 2008 **Quality Specialist**

náplň práce : Zodpovednosť za systém kvality v celom podniku.

Zodpovednosť za audit.

Zabezpečovanie činností vyplývajúcich z platnej legislatívy
v oblasti odpadového hospodárstva.

2005 - 2006 **Quality & Production manager**

náplň práce : Zodpovednosť za systém kvality v celom podniku.

Pravidelná kontrola environmentálnych aspektov.

Skúsenosť s procesmi formovania plastových dielov.

2000 - 2005 **Quality Manager**

náplň práce : Zaistenie certifikácie systému kvality a recertifikácie
v zmysle noriem pre automobilový priemysel (ISO TS 16
949, 9001 , VDA).

Vedenie tímu 80 zamestnancov.

Kandidát číslo 6

vek: 29 (1982)

bydlisko: Dunajská Streda (53 km)

vzdelanie: Technická univerzita vo Zvolene, Kontroling a manažment kvality, inžinier

doplňujúce kurzy: interný audítor ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001, ISO TS 16949

jazyky: anglický aj nemecký jazyk na aktívnej úrovni

očakávaný plat: 2 200 € x 12

pracovné skúsenosti:

2009 - súčasnosť **Quality Manager**

náplň práce : Vedenie tímu 20 zamestnancov.

Realizácia školení zamestnancov v oblasti kvality a životného prostredia.

2006 - 2009 **Quality Planning Engineer**

náplň práce : Tréning audítorov kvality.

Zodpovednosť za kontrolu kvality produkcie, vytvorenie kontrolných plánov a metód.

Kandidát číslo 7

vek: 32 (1979)

bydlisko: Stupava (29 km)

vzdelanie: Žilinská univerzita, Manažment, inžinier

doplňujúce kurzy: interný audítor ISO TS 16949, Six Sigma Black Belt ²

jazyky: anglický aj nemecký jazyk na úrovni materinského jazyka

očakávaný plat: 2 500€ x 12

pracovné skúsenosti:

2010 - súčasnosť **Customer Quality Leader**

náplň práce : Vedenie tímu 4 zamestnancov.

² Six Sigma je metóda zlepšovania produktivity, výkonnosti a kvality poskytovaných výrobkov a služieb.

Black Belt je najvyššia úroveň

Uplatňovanie 6Sigma nástrojov.

2008 - 2010

Project Manager

náplň práce :

Efektívne zvyšovanie produkcie a jej kvality.

Uplatňovanie 6Sigma a Lean³ nástrojov.

Manažovanie environmentálneho systému spoločnosti.

2005 - 2007

Quality Manager

náplň práce :

Implementácia systému na základe ISO TS 16949.

Riadenie a zodpovednosť za odpadové hospodárstvo a emisie.

Zodpovednosť za 15 zamestnancov.

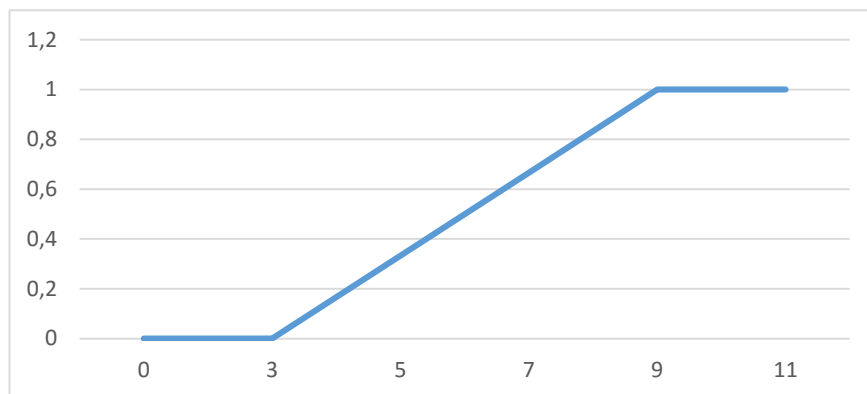
3.3 Kritéria hodnotenia

Možnosti uplatnenia fuzzy logiky si vyžadujú vytvoriť kritéria, podľa ktorých sa budú potencionálni kandidáti hodnotiť. Kritéria sú rozdelené podľa dôležitosti, pričom tie najpodstatnejšie pre danú zákazku majú najväčšiu váhu. Sú vytvorené tri kategórie hodnotenia, pričom kategória s číslom 1 je najpodstatnejšia pre zadávateľa, nakoľko reprezentuje odbornosť kandidátov a dosiahnuté výsledky v odbore v minulosti. Kategória číslo 2 predstavuje doplňujúce požiadavky zamestnávateľa ohľadom znalostí ISO noriem. Do tretej kategórie sa zaradia nielen tie požiadavky zadávateľa, ktoré v prípade nesplnenia neovplyvňujú výber kandidáta v celkovej miere, ale aj iné faktory, ktorými sú napríklad vek, intenzita zmeny zamestnania alebo vzdialenosť bydliska od zamestnania.

V prvej kategórii sú tie kritéria a stupne hodnotenia, ktoré sú pre zadávateľa zákazky kľúčové. Predstavujú ich skúsenosti kandidátov v troch odboroch, ktoré sa dajú zapísať funkciami.

³ Lean manažment sa zameriava na odstránenie plytvania v procesoch, ktoré je definované ako všetko nepotrebné čo vzniká pri výrobe produktu alebo služby.

Požiadavka 1A : 5 rokov skúseností v automobilovom priemysle



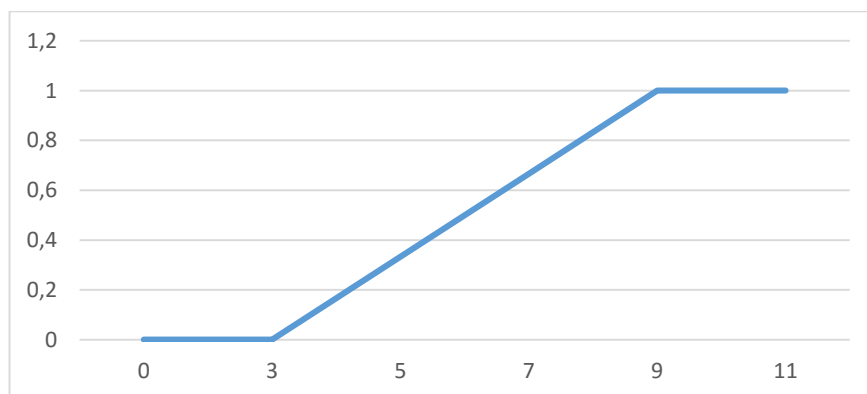
Graf 1 Funkcia hodnotenia na základe skúsenosti s automotive

Funkcia vyjadrujúca skúsenosti kandidáta má pre náš daný prípad tvar

$$f = \begin{cases} 0 & \text{pre } x \leq 3, \\ \frac{x-3}{6} & \text{pre } x \in (3, 9), \\ 1 & \text{pre } x \geq 9, \end{cases}$$

kde x predstavuje počet rokov vyčítaný zo životopisu kandidáta.

Požiadavka 1B : 5 rokov pôsobenia na vedúcej pozícii v oblasti riadenia kvality a kontroly



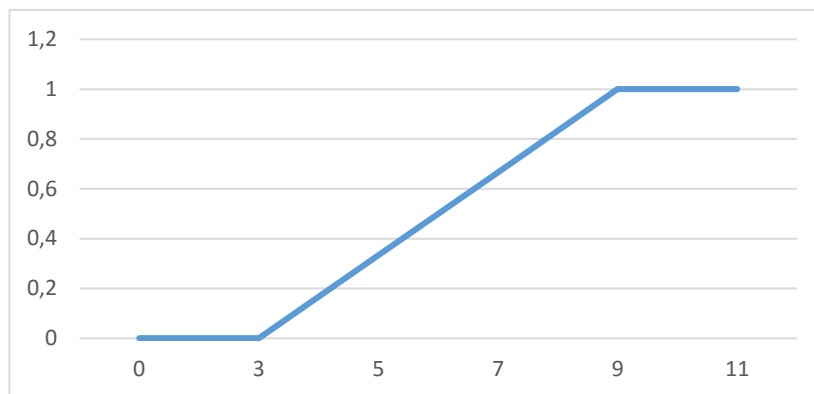
Graf 2 Funkcia hodnotenia na základe počtu rokov na vedúcej pracovnej pozícii

Funkcia vyjadrujúca skúsenosti kandidáta má pre náš daný prípad tvar

$$f = \begin{cases} 0 & \text{pre } x \leq 3, \\ \frac{x-3}{6} & \text{pre } x \in (3, 9), \\ 1 & \text{pre } x \geq 9, \end{cases}$$

kde x predstavuje hodnotu rokov vyčítanú zo životopisu kandidáta.

Požiadavka 1C : 5 rokov skúseností s environmentálnym manažmentom



Graf 3 Funkcia hodnotenia na základe skúseností s environmentálnym manažmentom

Funkcia vyjadrujúca skúsenosti kandidáta má pre náš daný prípad tvar

$$f = \begin{cases} 0 & \text{pre } x \leq 3, \\ \frac{x-3}{6} & \text{pre } x \in (3, 9), \\ 1 & \text{pre } x \geq 9, \end{cases}$$

kde x predstavuje hodnotu rokov vyčítanú zo životopisu kandidáta.

Všetky tri funkcie sú rovnaké, nakoľko aj kritérium od zadávateľa zákazky je ohraničený rovnakým číslom. Táto množina pre hodnotenie bola zvolená ako najvhodnejšia, nakoľko pre danú obsadzovanú pozíciu, zo skúsenosti, sú vhodní kandidáti vo veku (30 , 40) rokov a sú to reálne čísla, ktoré adekvátne zodpovedajú možným pracovným skúsenostiam.

V druhej kategórii sú skúsenosti a znalosti z oblasti systému manažérstva kvality, predstavujúcu ISO 9001 normu, ktorá pokrýva všetky oblasti podnikania, od výrobných činností až po poskytovanie služieb. Norma sa zaoberá nielen procesmi výroby, vývojom a produktom, ale siaha i do riadenia podniku. Ďalšou požadovanou normou je ISO 14001, ktorá špecifikuje požiadavky systému environmentálneho manažérstva aby organizácii umožnila pripraviť a implementovať environmentálnu politiku a dlhodobé ciele environmentu tak, že zohľadňuje právne požiadavky. Dosiahnuté vzdelanie sa nachádza v tejto kategórii preto, lebo nie vždy sa kvality človeka dajú merať na základe výberu vysokej školy. Do tejto kategórie sú priradené aj kritéria hodnotenia jazykových znalostí kandidátov.

Tieto kritéria narábajú s kvalitatívnymi hodnotami kandidátov, preto nie je jednoznačne možné určenie množín, do ktorých by kandidát patrí. V prípade nejakých bližších špeciálnych testov, napríklad v prípade hodnotenia jazykových schopností, ktoré zaistia relevantnejšie ohodnotenie kandidáta, sa však princíp hodnotenia na základe fuzzy logiky nemení, spôsobí to však pravdivejšie hodnoty vypovedajúce o kandidátoch.

Požiadavka 2A : Dosiahnuté vysokoškolské vzdelanie

Stupne : Inžinierske v danom odbore /1/

Bakalárske v danom odbore /0,75/

Inžinierske v inom odbore /0,5/

Bakalárske v inom odbore /0,25/

Žiadne vysokoškolské vzdelanie /0/

Požiadavka 2B : Znalosť tvarovania kovov, zvárania ocele a hydraulických technológií

Stupne : Znalosť všetkých troch /1/

Znalosť dvoch /0,66/

Znalosť jedného /0,33/

Neznalosť /0/

Požiadavka 2C : Znalosť alebo pracovná skúsenosť s ISO 9001 a ISO 14001

Stupne : Znalosť a pracovná skúsenosť s oboma /1/

Znalosť obidvoch noriem /0,75/

Znalosť a pracovná skúsenosť jednej normy /0,5/

Znalosť jednej normy /0,25/

Žiadna znalosť noriem /0/

Požiadavka 2D : Znalosť anglického jazyka

Stupne : Plynule /1/

Aktívne /0,75/

Pokročilý /0,5/

Pasívne /0,25/

Začiatočník /0/

Požiadavka 2E : Znalosť nemeckého jazyka

Stupne : Plynule /1/

Aktívne /0,75/

Pokročilý /0,5/

Pasívne /0,25/

Začiatočník /0/

Tretia kategória predstavuje kritéria, ktoré priamo nevyplývajú zo zákazky, avšak logicky s ňou súvisia, preto majú najmenšiu váhu. Patrí sem vek kandidáta, nakoľko príliš starí aj príliš mladí ľudia sú pre tohto konkrétneho zamestnávateľa málo atraktívni. Vzdialenosť bydliska od miesta zamestnania zohráva tiež svoju úlohu, nakoľko so zvyšujúcou sa vzdialenosťou často klesá ochota dochádzať do zamestnania, prípade relokalizovať miesto bydliska. V prípade danej obsadzovanej pozície práca berie do úvahy aj počet ľudí, ktorí boli v minulosti priamo podriadení kandidátovi, keďže zo znenia zákazky vyplýva, že obsadený kandidát bude mať na starosti viacero firemných úsekov. Očakávaný

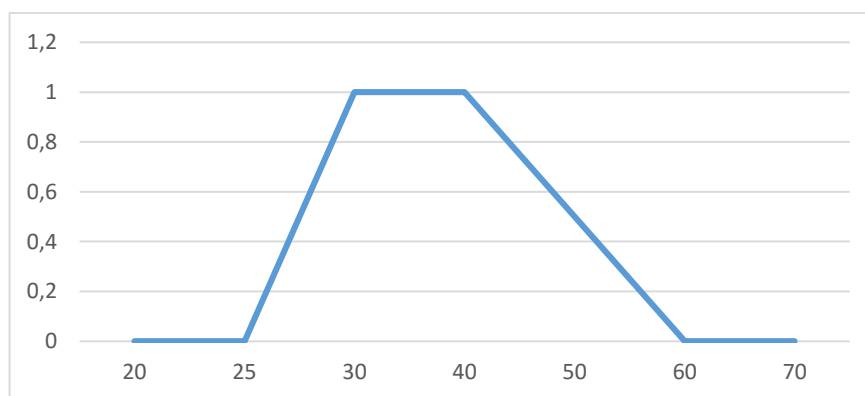
plat ako kritérium pre zadávateľa zákazky je síce neobjektívne, ale v niektorých prípadoch môže viesť k nezhode medzi zamestnávateľom a kandidátom.

Požiadavka 3A : Vek kandidáta

Bolo už spomínané, že hlavnými kritériami pri prijímaní zamestnancov má byť ich kvalifikácia a osobnostné predpoklady pre výkon danej práce. Vek, pohlavie alebo národnosť nemôžu byť prekážkou, pretože nielen zamestnanci, ale už aj adepti na zamestnancov nesmú byť zo strany potenciálneho zamestnávateľa diskriminovaní. Z praxe však vieme, že zamestnávatelia často kladú otázky, ktoré sú Zákonníkom práce nedovolené a vek alebo pohlavie je skutočným dôvodom pre prijatie iného uchádzača. Funkcia vyjadrujúca vhodnosť kandidáta na základe jeho veku je v tvare

$$f = \begin{cases} 0 & \text{pre } x \leq 25 \text{ a } x \geq 60 \\ \frac{x - 25}{30 - 25} & \text{pre } x \in (25, 30) \\ 1 & \text{pre } x \in (30, 40) \\ \frac{60 - x}{60 - 40} & \text{pre } x \in (40, 60), \end{cases}$$

a jej graf má lichobežníkový tvar ako vidno na Grafe 4.



Graf 4 : Funkcia veku kandidáta

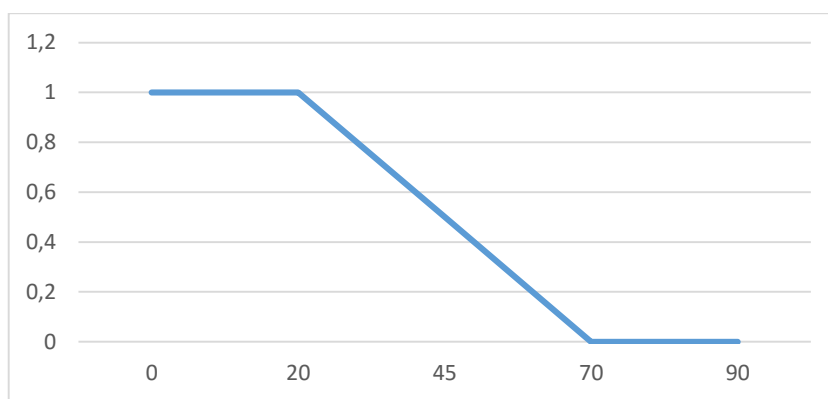
Požiadavka 3B: Vzdialenosť bydliska od zamestnania

Toto kritérium môže zamestnávateľa zaujímať ohľadom Príspevku na dochádzku za prácou. Zákonník práce stanovuje, že zamestnanec môže požiadať o Príspevok na dochádzku [13], ktorý poskytuje úrad na úhradu časti cestovných výdavkov na dochádzku z miesta trvalého pobytu alebo z miesta prechodného pobytu do miesta výkonu zamestnania uvedeného v pracovnej zmluve a späť. V dôsledku zníženia nákladov na zamestnancov môže

kritérium zohrávať úlohu pri výbere kandidáta a na druhej strane je otázne, či je kandidát ochotný cestovať za prácou, poprípade nájsť miesto prechodného bydliska na dobu pôsobenia v novej spoločnosti. Na príspevok majú nárok zamestnanci so vzdialenosťou väčšou ako 5 km, avšak v práci sa narába s hodnotou 20. Funkcia predstavujúca vzdialenosť bydliska do zamestnania je v tvare

$$f = \begin{cases} 1 & \text{pre } x \leq 20, \\ 1 - \left(\frac{x - 20}{50}\right) & \text{pre } x \in (20, 70), \\ 0 & \text{pre } x \geq 70, \end{cases}$$

a priebeh funkcie vidno na Grafe 5.

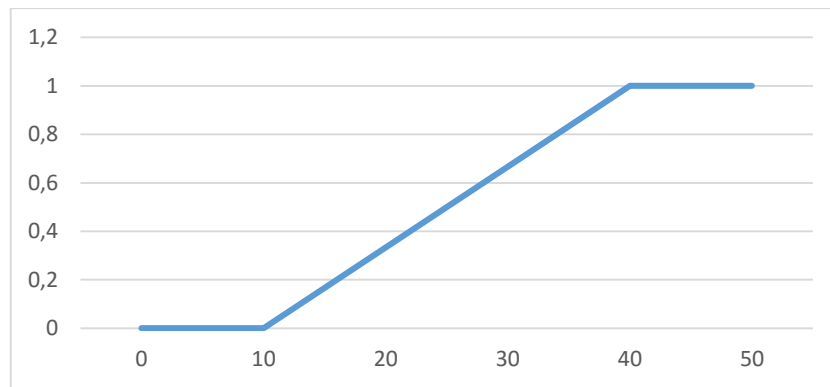


Graf 5 Funkcia vzdialenosti bydliska od miesta výkonu práce

Požiadavka 3C : **Vedenie tímu ľudí v minulosti**

Vedenie (leadership) je jednou zo základných manažérskych funkcií vo všetkých novších koncepciách. Koncept kladie dôraz na úlohu manažéra vo vedení ľudí. Oproti tradičným prístupom riadenia je vedenie založené na stanovení vízie a zapájanie ľudí pomocou motivovania, vrátane používania splnomocnenia a podobných metód, pre ktoré je charakteristická väčšia právomoc aj zodpovednosť pracovníkov. V praxi to znamená dôraz na vedúcu úlohu manažéra, ktorý je v poňatí leadershipu predovšetkým iniciátorom, motivátorom, podnecovateľom a inšpirátorom. Pre obsadzovanie manažérskej pozície je najvhodnejšie čo najväčšie číslo, preto je funkcia zostavená ako

$$f = \begin{cases} 0 & \text{pre } x \leq 10, \\ \frac{x - 10}{30} & \text{pre } x \in (10, 40), \\ 1 & \text{pre } x \geq 40. \end{cases}$$



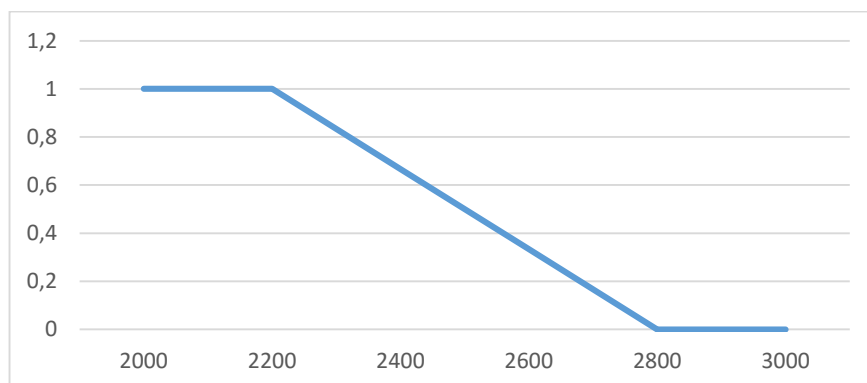
Graf 6 Funkcia množstva ľudí vedených v minulosti

Požiadavka 3D: Očakávaný budúci plat

Každý uchádzač by mal poznať svoju cenu, vážiť si seba a svoju prácu. Preto by sa nemal báť povedať svoje očakávania, čo sa týka jeho odmeňovania. Ľudia reagujú aj podľa obsadzovanej pozície. Pri vyšších pozíciách sa stretávame s tým, že uchádzači nemajú problém povedať svoje očakávania. Uchádzač, ktorí však veľmi chce uspieť (dôvodom môže byť dlhodobá nezamestnanosť alebo rodina a jej finančné potreby atď.) a pristúpi aj na nižší plat, ako očakával, po získaní pozície sa u neho môže dostaviť pocit nenaplnenia a môže stratiť záujem o prácu a odíde v skúšobnej dobe. Predpokladajme, že obdobné pozície sú platovo ohodnotené v intervale (2 200 €, 2 800 €), preto aj naša funkcia je v tvare

$$f = \begin{cases} 1 & \text{pre } x \leq 2\,200, \\ 1 - \left(\frac{x - 2\,200}{600}\right) & \text{pre } x \in (2\,200, 2\,800), \\ 0 & \text{pre } x \geq 2\,800 \end{cases}$$

a k funkcií prislúchajúci graf je zobrazený v Graf 7.



Graf 7 Funkcia platového očakávania kandidáta

3.4 Hodnotenie kandidátov

V tejto časti práce sa každý jeden kandidát ohodnotí na základe nami zvolenými kritériami. Objektívne ohodnotenie kandidátov je najobťažnejšou časťou práce. Práca spracováva údaje o kandidátoch, ktoré boli uvedené v ich životopisoch. Úlohou životopisu je predstaviť kandidáta, jeho vzdelanie, doterajšiu kariéru a skúsenosti. Je potreba stručne a jasne popísať pracovnú náplň, aby z nej bolo zrejmé, čo všetko mal kandidát na starosti. Niektoré kritéria neumožňujú jednoznačné zaradenie kandidáta do množín, preto sa na ich hodnotenie využili aj subjektívne názory. Ukážme si ohodnotenie na príklade dvoch kandidátov.

Kandidát číslo jedna je pracovne aktívny vo firmách zaoberajúcich sa automotive od roku 2004. Zákazka je z roku 2011, čo činí spolu 7 odpracovaných rokov. Ohodnotenie kandidáta číslo jeden na základe požiadavky 1A je teda 0,66. Druhá požiadavka týkajúca sa pôsobenia na vedúcej pozícii vyplýva z názvu pozície. Nakoľko zadávateľ zákazky má záujem o pozície z oblasti kvality a kontroly, pôsobenie kandidáta ako projektového manažéra vylúčime a zostane nám jedine pozícia manažéra kvality, ktorú kandidát vykonáva 4 roky, čomu prislúcha hodnota 0,16. Podmienkou číslo tri je skúsenosť s environmentálnym manažmentom. Zo životopisu kandidáta vyplýva, že jedine ako manažér kvality mal s požiadavkou pravidelnú skúsenosť, preto sa kandidát ohodnotil rovnako ako v predchádzajúcom kritériu, teda hodnotou 0,16. Kandidát má dosiahnuté inžinierske vzdelanie na Slovenskej poľnohospodárskej univerzite v Nitre, odbor Prevádzka dopravných a manipulačných strojov. Odbor bezprostredne nesúvisí s obsadzovanou pozíciou a kandidát nemá uvedené ani žiadne doplňujúce kurzy, preto bol ohodnotený číslom 0,5. Z náplne práce ako bývalého projektového manažéra vyplývajú znalosti tvarovania kovov, zvarovania ocele aj hydraulických technológií, preto je kandidát ohodnotený 1. Ďalším kritériom je znalosť/pracovná skúsenosť s ISO normami kvality a environmentu. Kandidát nemá doplňujúce kurzy avšak tým, že mal v posledných rokoch na starosti audity ISO kvality spoločnosti, spĺňa kritérium pracovnej skúsenosti narábania s jednou ISO normou a preto je ohodnotený číslom 0,5. Kandidát má uvedené, že anglický aj nemecký jazyk má na pokročilej úrovni. Bez nejakého ďalšieho špecifického testovania jeho jazykových schopností je ohodnotený pre oba jazyky hodnotou 0,5. Ďalšie ohodnotenia kritérií sa dosadením do funkcií dajú jednoducho zistiť. Ideálnym kandidátom na obsadzovanú pozíciu je niekto vo veku 30 až 40 rokov, čo náš kandidát spĺňa, preto je ohodnotený 1. Kandidát číslo jeden pochádza zo Šale, ktorá je od Svätého Jura, teda miesta výkonu práce, vzdialená

60 km. Po dosadení hodnoty 60 do funkcie nám vyjde číslo 0,20. Kandidát v minulosti mal najviac 20 ľudí priamo podriadených jemu, preto po dosadení do príslušnej funkcie je ohodnotený číslom 0,33. Platové ohodnotenie kandidáta úplne korešponduje s ponúkanou hodnotou, preto dostáva číslo 1. V Tab. 1 sú usporiadané všetky ohodnotenia kandidáta č. 1 podľa nami zvolenými kritériami.

Tab.1 Ohodnotenie prvého kandidáta

	1A	1B	1C	2A	2B	2C	2D	2E	3A	3B	3C	3D
K1	0,66	0,16	0,16	0,50	1	0,50	0,50	0,50	1	0,20	0,33	1

Kandidát číslo dva je pracovne aktívny vo firmách zameraných na automotive priemysel od roku 2002, čo predstavuje spolu 9 rokov, preto je v tomto kritériu ohodnotený číslom 1. Manažérsku pozíciu zastáva od roku 2006, teda približne 6 rokov, preto je ohodnotený číslom 0,5. S environmentálnym manažmentom mal skúsenosti v predchádzajúcom zamestnaní po dobu 4 rokov, preto hodnota 0,16. Kandidát nemá žiadne vysokoškolské vzdelanie, za čo by mal byť ohodnotený nulou, avšak tým, že má kandidát uvedené doplňujúce kurzy týkajúce sa ISO noriem kvality je ohodnotený číslom 0,2. Rovnako ako v predchádzajúcom prípade, tým že kandidát pôsobí ako manažér kvality, vyplýva z toho znalosť aspoň obrábania kovov a ocele, preto dostáva číslo 0,66. Kandidát mal na starosti ISO audity kvality, avšak nevyplýva zo životopisu či rámci bývalej pracovnej pozície konal na základe ISO noriem environmentu, preto je mu pridelená hodnota 0,5. V životopise má kandidát uvedenú úroveň anglického aj nemeckého jazyka na pokročilej úrovni, preto za obe kritéria dostáva 0,5. V poslednej kategórii hodnotenia získal kandidát ohľadom kritéria veku najvyššie možné ohodnotenie, číslo 1. Vzdialenosť bydliska od miesta výkonu práce predstavuje 37 kilometrov, po dosadení do funkcie to predstavuje číslo 0,64. Kandidát mal počas pôsobenia vo firme na starosti vedenie tímu ľudí o počte najviac 30, preto je dostáva hodnotu 0,66. Platové očakávanie kandidáta nie je také, aké si predstavuje zadávateľ zákazy, avšak nachádza sa ešte v množine, ku ktorému je zadávateľ ochotný pristúpiť. Celkové ohodnotenie kandidáta číslo dva je v Tab. 2.

Tab. 2 Ohodnotenie druhého kandidáta

	1A	1B	1C	2A	2B	2C	2D	2E	3A	3B	3C	3D
K2	1	0,50	0,16	0,20	0,66	0,50	0,50	0,50	1	0,64	0,66	0,17

Podobným spôsobom boli ohodnotení zvyšní piati kandidáti. Ich dosiahnuté body v jednotlivých kritériách, s ktorými sa bude ďalej nárábať možno vidieť v tabuľke 3.

V prípade kedy by kandidát nespĺňal nejaké kritérium, by nám v tabuľke figurovala hodnota 0, čo pre naše ďalšie výpočty vôbec nie je vhodná hodnota. Kandidát by bol v ďalších výpočtoch vyhodnotený ako najhorší aj napriek tomu, že v každom jednom kritériu by mal hodnotu lepšiu ako ostatní kandidáti. V prípade nastátia danej situácie, odporúča sa upraviť kritéria hodnotenia, alebo namiesto hodnoty nula uviesť inú hodnotu blízku k 0, nakoľko nepredpokladá sa, že v našom prípade kandidát má nulové schopnosti alebo vedomosti z danej oblasti.

Tab. 3 Ohodnotenie všetkých kandidátov

	1A	1B	1C	2A	2B	2C	2D	2E	3A	3B	3C	3D
K1	0,66	0,16	0,16	0,50	1	0,50	0,50	0,50	1	0,20	0,33	1
K2	1	0,50	0,16	0,20	0,66	0,50	0,50	0,50	1	0,64	0,66	0,17
K3	1	1	0,33	0,90	0,66	0,50	0,50	0,25	1	0,26	1	0,83
K4	0,83	0,50	0,50	1	1	0,25	0,75	0,15	1	0,64	1	0,83
K5	1	1	0,16	0,40	1	0,50	0,75	0,75	0,70	1	1	0,25
K6	0,40	0,10	0,10	1	0,66	0,75	0,75	0,75	0,80	0,66	0,33	1
K7	0,50	0,16	0,16	0,65	1	0,50	0,75	1	1	0,92	0,17	0,50

3.5 Aplikácia T-noríem bez váh

Práca ukáže aplikáciu trojuholníkových noríem v dvoch variantoch podľa [5]. V prvom variante dôležitosť jednotlivých kritérií nie je zohľadnená, teda splnenie každej jednej je rovnakou prioritou. Pomocou *Minimovej T-normy*

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$$

a pomocou T-normy algebraického súčinu

$$\mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) * \mu_B(x)$$

dostaneme číselné ohodnotenie pre jednotlivých kandidátov, na koľko percent spĺňajú požiadavky zadávateľa zákazky pre obsadzovanú pozíciu.

Minimová t-norma je spojitá a je jediná funkcia, pre ktorú je každý jej prvok $a \in \langle 0, 1 \rangle$ idempotentný, teda minimum z dvoch rovnakých hodnôt z intervalu $\langle 0, 1 \rangle$ je tá istá hodnota. Táto vlastnosť je vítaná v rôznych úlohách dolovania informácií. Všetky ostatné t-norm funkcie majú len triviálne idempotentné prvky. Pre porovnanie sa pozrime na súčinovú t-normu kde súčin dvoch rovnakých hodnôt z intervalu $\langle 0, 1 \rangle$ je nižšia hodnota. Minimovú t-normu (1.17) uplatníme na hodnoty kandidátov z Tab. 3.

Kandidát číslo 1

$$\mu_{A \cap B}(1) = \min\{\mu_A(1), \mu_B(1)\},$$

$$\mu_{A \cap B}(1) = \min(0,66; 0,16; 0,16; 0,5; 1; 0,5; 0,5; 0,5; 1; 0,20; 0,33; 1),$$

$$\mu_{A \cap B}(1) = 0,16$$

Kandidát číslo 2

$$\mu_{A \cap B}(2) = \min\{\mu_A(2), \mu_B(2)\},$$

$$\mu_{A \cap B}(2) = \min(1; 0,5; 0,16; 0,2; 0,66; 0,5; 0,5; 0,5; 1; 0,64; 0,66; 0,17),$$

$$\mu_{A \cap B}(2) = 0,16$$

Kandidát číslo 3

$$\mu_{A \cap B}(3) = \min\{\mu_A(3), \mu_B(3)\},$$

$$\mu_{A \cap B}(3) = \min(1; 1; 0,33; 0,90; 0,66; 0,50; 0,50; 0,25; 1; 0,26; 1; 0,83),$$

$$\mu_{A \cap B}(3) = 0,25$$

Kandidát číslo 4

$$\mu_{A \cap B}(4) = \min\{\mu_A(4), \mu_B(4)\},$$

$$\mu_{A \cap B}(4) = \min(0,83; 0,50; 0,50; 1; 1; 0,25; 0,75; 0,15; 1; 0,64; 1; 0,83),$$

$$\mu_{A \cap B}(4) = 0,15$$

Kandidát číslo 5

$$\mu_{A \cap B}(5) = \min\{\mu_A(5), \mu_B(5)\},$$

$$\mu_{A \cap B}(5) = \min(1; 1; 0,16; 0,40; 1; 0,50; 0,75; 0,75; 0,70; 1; 1; 0,25),$$

$$\mu_{A \cap B}(5) = 0,16$$

Kandidát číslo 6

$$\mu_{A \cap B}(6) = \min\{\mu_A(6), \mu_B(6)\},$$

$$\mu_{A \cap B}(6) = \min(0,40; 0,10; 0,10; 1; 0,66; 0,75; 0,75; 0,75; 0,80; 0,66; 0,33; 1),$$

$$\mu_{A \cap B}(6) = 0,10$$

Kandidát číslo 7

$$\mu_{A \cap B}(7) = \min\{\mu_A(7), \mu_B(7)\},$$

$$\mu_{A \cap B}(7) = \min(0,50; 0,16; 0,16; 0,65; 1; 0,50; 0,75; 1; 1; 0,92; 0,17; 0,50),$$

$$\mu_{A \cap B}(7) = 0,16$$

Teraz aplikujme podľa (1.18) súčinovú t-normu na hodnoty kandidátov z Tab. 3.

Kandidát číslo 1

$$\mu_{A \cap B}(1) = \mu_A(1) * \mu_B(1)$$

$$\mu_{A \cap B}(1) = 0,66 * 0,16 * 0,16 * 0,50 * 1 * 0,50 * 0,50 * 0,50 * 1 * 0,20 * 0,33 * 1$$

$$\mu_{A \cap B}(1) = 0,00006969$$

Kandidát číslo 2

$$\mu_{A \cap B}(2) = \mu_A(2) * \mu_B(2)$$

$$\mu_{A \cap B}(2) = 1 * 0,50 * 0,16 * 0,20 * 0,66 * 0,50 * 0,50 * 0,50 * 1 * 0,64 * 0,66 * 0,17$$

$$\mu_{A \cap B}(2) = 0,00009478$$

Kandidát číslo 3

$$\mu_{A \cap B}(3) = \mu_A(3) * \mu_B(3)$$

$$\mu_{A \cap B}(3) = 1 * 1 * 0,33 * 0,90 * 0,66 * 0,50 * 0,50 * 0,25 * 1 * 0,26 * 1 * 0,83$$

$$\mu_{A \cap B}(3) = 0,0026438$$

Kandidát číslo 4

$$\mu_{A \cap B}(4) = \mu_A(4) * \mu_B(4)$$

$$\mu_{A \cap B}(4) = 0,83 * 0,50 * 0,50 * 1 * 1 * 0,25 * 0,75 * 0,15 * 1 * 0,64 * 1 * 0,83$$

$$\mu_{A \cap B}(4) = 0,0031000$$

Kandidát číslo 5

$$\mu_{A \cap B}(5) = \mu_A(5) * \mu_B(5)$$

$$\mu_{A \cap B}(5) = 1 * 1 * 0,16 * 0,40 * 1 * 0,50 * 0,75 * 0,75 * 0,70 * 1 * 1 * 0,25$$

$$\mu_{A \cap B}(5) = 0,0031500$$

Kandidát číslo 6

$$\mu_{A \cap B}(6) = \mu_A(6) * \mu_B(6)$$

$$\mu_{A \cap B}(6) = 0,40 * 0,10 * 0,10 * 1 * 0,66 * 0,75 * 0,75 * 0,75 * 0,80 * 0,66 * 0,33 * 1$$

$$\mu_{A \cap B}(6) = 0,0001764$$

Kandidát číslo 7

$$\mu_{A \cap B}(7) = \mu_A(7) * \mu_B(7)$$

$$\mu_{A \cap B}(7) = 0,50 * 0,16 * 0,16 * 0,65 * 1 * 0,50 * 0,75 * 1 * 1 * 0,92 * 0,17 * 0,50$$

$$\mu_{A \cap B}(7) = 0,0002439$$

3.6 Aplikácia T-noríem s váhami

Tento variant narába s informáciou, že pre zadávateľa zákazky je splnenie niektorých kritérií oveľa podstatnejšie ako splnenie iných. Vhodnosť kandidátov sa určí upravenou súčinovou t-normou (1.18), ktorá bude obohatená o váhy jednotlivých kritérií [4]. Váhový koeficient w je reálne číslo z intervalu $(0;1>$. Hodnota 0 predstavuje situáciu, kde „kritérium vôbec nie je významné“ a opačne, hodnota 1 situáciu, kde „kritérium je plne významné“. Pre výpočet preferovaného kandidáta sa navrhlo prispôbenie vzorca takto:

$$\mu_{A \cap B}(x) = w_A \mu_A(x) * w_B \mu_B(x). \quad (1.23)$$

V prípade hodnotenia kandidáta, máme tri hlavné kritéria. Prvé kritérium, ktoré je najpodstatnejšie je vyjadrené váhou $w_1 = 0,6$, druhé kritérium $w_2 = 0,3$ a posledné kritérium váhou $w_3 = 0,1$. Nami zvolené váhy kritérií neodzrkadľujú pravú hodnotu váh, avšak snažia sa byť čo najrealistickejšie. Na hodnotu váh kritérií nebola použitá žiadna bližšie špecializovaná metóda, nakoľko cieľom práce je poukázať na aplikáciu t-noríem, na ktorú nami zvolené hodnoty úplne postačia. V prípade následných, bližšie špecifikovaných váh je postup uplatnenia t-normy obdobný. Princíp výpočtu vhodnosti kandidáta upravenou metódou je analogický ako pri pôvodnej súčinovej t-norme.

Kandidát číslo 1

$$\mu_{A \cap B}(1) = w_A \cdot \mu_A(1) * w_B \cdot \mu_B(1)$$

$$\mu_{A \cap B}(1) = 0,6.0,66 * 0,6.0,16 * 0,6.0,16 * 0,3.0,50 * 0,3.1 * 0,3.0,50 * 0,3.0,50 \\ * 0,3.0,50 * 0,1.1 * 0,1.0,20 * 0,1.0,33 * 0,1.1$$

$$\mu_{A \cap B}(1) = 0,396 * 0,1 * 0,096 * 0,15 * 0,3 * 0,15 * 0,15 * 0,15 * 0,1 * 0,02 * 0,033 \\ * 0,1$$

$$\mu_{A \cap B}(1) = 3,8106 \cdot 10^{-12}$$

Kandidát číslo 2

$$\mu_{A \cap B}(2) = w_A \cdot \mu_A(2) * w_B \cdot \mu_B(2)$$

$$\mu_{A \cap B}(2) = 0,6.1 * 0,6.0,50 * 0,6.0,16 * 0,3.0,20 * 0,3.0,66 * 0,3.0,50 * 0,3.0,50 \\ * 0,3.0,50 * 0,1.1 * 0,1.0,64 * 0,1.0,66 * 0,1.0,17$$

$$\mu_{A \cap B}(2) = 0,6 * 0,3 * 0,096 * 0,06 * 0,198 * 0,15 * 0,15 * 0,15 * 0,1 * 0,064 * 0,066 \\ * 0,017$$

$$\mu_{A \cap B}(2) = 4,9751 \cdot 10^{-12}$$

Kandidát číslo 3

$$\mu_{A \cap B}(3) = w_A \cdot \mu_A(3) * w_B \cdot \mu_B(3)$$

$$\mu_{A \cap B}(3) = 0,6.1 * 0,6.1 * 0,6.0,33 * 0,3.0,90 * 0,3.0,66 * 0,3.0,50 * 0,3.0,50 * 0,3.0,25 \\ * 0,1.1 * 0,1.0,26 * 0,1.1 * 0,1.0,83$$

$$\mu_{A \cap B}(3) = 0,6 * 0,6 * 0,198 * 0,27 * 0,198 * 0,15 * 0,15 * 0,075 * 0,1 * 0,026 * 0,1 \\ * 0,083$$

$$\mu_{A \cap B}(3) = 138,7688 \cdot 10^{-12}$$

Kandidát číslo 4

$$\mu_{A \cap B}(4) = w_A \cdot \mu_A(4) * w_B \cdot \mu_B(4)$$

$$\mu_{A \cap B}(4) = 0,6.0,83 * 0,6.0,50 * 0,6.0,50 * 0,3.1 * 0,3.1 * 0,3.0,25 * 0,3.0,75 * 0,3.0,15 \\ * 0,1.1 * 0,1.0,64 * 0,1.1 * 0,1.0,83$$

$$\mu_{A \cap B}(4) = 0,498 * 0,3 * 0,3 * 0,3 * 0,3 * 0,075 * 0,225 * 0,045 * 0,1 * 0,064 * 0,1 \\ * 0,083$$

$$\mu_{A \cap B}(4) = 162,7154. 10^{-12}$$

Kandidát číslo 5

$$\mu_{A \cap B}(5) = w_A \cdot \mu_A(5) * w_B \cdot \mu_B(5)$$

$$\mu_{A \cap B}(5) = 0,6.1 * 0,6.1 * 0,6.0,16 * 0,3.0,40 * 0,3.1 * 0,3.0,50 * 0,3.0,75 * 0,3.0,75 \\ * 0,1.0,70 * 0,1.1 * 0,1.1 * 0,1.0,25$$

$$\mu_{A \cap B}(5) = 0,6 * 0,6 * 0,096 * 0,12 * 0,3 * 0,15 * 0,225 * 0,225 * 0,07 * 0,1 * 0,1 \\ * 0,025$$

$$\mu_{A \cap B}(5) = 185,1776. 10^{-12}$$

Kandidát číslo 6

$$\mu_{A \cap B}(6) = w_A \cdot \mu_A(6) * w_B \cdot \mu_B(6)$$

$$\mu_{A \cap B}(6) = 0,6.0,40 * 0,6.0,10 * 0,6.0,10 * 0,3.1 * 0,3.0,66 * 0,3.0,75 * 0,3.0,75 \\ * 0,3.0,75 * 0,1.0,80 * 0,1.0,66 * 0,1.0,33 * 0,1.1$$

$$\mu_{A \cap B}(6) = 0,24 * 0,06 * 0,06 * 0,3 * 0,198 * 0,225 * 0,225 * 0,225 * 0,08 * 0,066 \\ * 0,033 * 0,1$$

$$\mu_{A \cap B}(6) = 5,7873. 10^{-12}$$

Kandidát číslo 7

$$\mu_{A \cap B}(7) = w_A \cdot \mu_A(7) * w_B \cdot \mu_B(7)$$

$$\mu_{A \cap B}(7) = 0,6.0,50 * 0,6.0,16 * 0,6.0,16 * 0,3.0,65 * 0,3.1 * 0,3.0,50 * 0,3.0,75 * 0,3.1 * 0,1.1 * 0,1.0,92 * 0,1.0,17 * 0,1.0,50$$

$$\mu_{A \cap B}(7) = 0,3 * 0,096 * 0,096 * 0,195 * 0,3 * 0,15 * 0,225 * 0,3 * 0,1 * 0,092 * 0,017 * 0,05$$

$$\mu_{A \cap B}(7) = 12,8062. 10^{-12}$$

3.7 Vyhodnotenie kandidátov

Pre možnosť komparácie hodnôt minimovej a súčinovej a upravenej súčinovej t-normy sa prepíšu do tabuľky 4. Na jej základe vieme usúdiť, že podľa minimovej t-normy je najvhodnejším kandidátom s najvyššou hodnotou 0,25 kandidát číslo 3. Následne po ňom sa s rovnakým počtom bodov 0,16 umiestnili štyria kandidáti. Najmenej vhodný na danú pozíciu je kandidát číslo 6.

Súčinová t-norma nám ukázala, že najlepším kandidátom pre obsadzovanú pozíciu je kandidát číslo 5. Tesne za ním je kandidát číslo 4 a najnevhodnejším je kandidát 1. Výsledky z upravenej súčinovej t-normy sa vôbec nelíšia od tej bez váh. Najvhodnejším kandidátom ostáva kandidát číslo 5 a za ním je v poradí druhý kandidát číslo 4. Najhoršie obstál kandidát číslo 1. Súčinová metóda je pre tento náš prípad viac objektívna, nakoľko berie do úvahy hodnoty dosiahnuté vo všetkých kritériách. Minimová t-norma naopak vystihuje ktorý kandidát obstál najlepšie v najhoršie ohodnotenom ľubovoľnom kritériu.

Tab. 4 : Porovnanie výsledkov minimovej a súčinovej t-normy

	Minimová t-norma	Súčinová t-norma	Súčinová t-norma s váhami
Kandidát 1	0,16	0,0000696	$3,8106 \cdot 10^{-12}$
Kandidát 2	0,16	0,0000947	$4,9751 \cdot 10^{-12}$
Kandidát 3	0,25	0,0026438	$138,7688 \cdot 10^{-12}$

Kandidát 4	0,15	0,0031000	$162,7154 \cdot 10^{-12}$
Kandidát 5	0,16	0,0031500	$185,1776 \cdot 10^{-12}$
Kandidát 6	0,10	0,0001764	$5,7873 \cdot 10^{-12}$
Kandidát 7	0,16	0,0002439	$12,8062 \cdot 10^{-12}$

Prácou personalistu, nielen v spoločnosti Amrop Slovakia, s.r.o., je overovanie a hodnotenie spôsobilosti zamestnancov pri prijímaní do pracovného pomeru a v priebehu výkonu práce. Pri každom pracovnom pohovore je úlohou personalistu okrem iného posúdiť záujem, motiváciu a vystupovanie kandidáta. Tieto vlastnosti moderné systémy nevedia zachytiť a narábať s týmito údajmi, čo môže v konečnom dôsledku ovplyvniť výber kandidáta, preto sa odporúča využitie fuzzy logiky v našom konkrétnom prípade len ako pomôcku na meranie kvality kandidátov, nie však ako definitívny rozhodovací nástroj pri výbere vhodného kandidáta. V prípade že kandidát neuvedie v životopise dostatok relevantných údajov o sebe, fuzzy logika sa uplatňuje len obťažne. Kandidát môže uviesť iba pozíciu na ktorej pracoval, bez doplňujúcich informácií, hlavnej náplni práce a zodpovedností. V takom prípade sa odporúča dodatočné zistenie potrebných informácií o kandidátovi a aplikácia t-noriem s novými údajmi a informáciami pre zaistenie najpresnejšieho výsledku.

Záver

Cieľom práce bolo spracovanie problematiky fuzzy logiky aj pre čitateľa, ktorý nie je v oblasti fuzzy logiky odborník, ako aj pre čitateľa, ktorý sa s fuzzy logikou ešte nestretol, avšak má znalosti z matematiky. Práca sa zaoberá aplikáciou fuzzy logiky pre rozhodovací proces, ktorý predstavuje výber vhodného kandidáta na obsadzovanú pozíciu Quality & Environmental Manager.

Teoretická časť práce vysvetľuje základy fuzzy množín, ich vlastnosti, základy fuzzy logických operácií, vďaka ktorým sa vysvetlila podstata samotnej fuzzy logiky. Na konci prvej kapitoly je čitateľ oboznámený s t-normami a t-konormami, ktoré sa v praktickej časti práce používajú na vyhodnotenie jednotlivých kandidátov. Každý výpočet má z pravidla nejaké vstupy a výstupy. Častokrát ale dochádza ku komplikáciám pri získavaní vstupov. Nie vždy je totiž možné určiť presné číslo alebo konkrétnu pravdivostnú hodnotu, vieme však určiť hodnotu slovne a tieto hodnoty dokážeme navzájom porovnávať. V práci sa museli najprv vytvoriť kritéria na hodnotenie a následne sa kandidáti ohodnotili podľa nich. Najobťažnejšou časťou bolo spravodlivé ohodnotenie jednotlivých kandidátov v kritériách, ktoré boli kvalitatívne alebo v ktorých sa nedalo jednoznačne ohodnotiť kandidát. Aplikácia t-noriem nám poukázala, ktorý kandidát by bol na danú pozíciu najvhodnejší. Spoločnosť ktorá danú zákazku realizovala, nevyužíva princíp fuzzy logiky na ohodnotenie kandidátov. Úlohou práce nebolo vylepšenie ich procesu vyhľadávania ani možnosti nahradenia personalistov fuzzy expertnými systémami, ale poukázanie na možné využitie fuzzy logiky pre rozhodovací a výberový proces.

Práca hodnotí kandidátov len na základe ich životopisov. Vychádza z predpokladu, že kandidát má vážny záujem o pracovnú pozíciu a preto uvádza v životopise pravdivé informácie o sebe a snaží sa čo najviac povedať o sebe. Životopisy, ktoré sú uskomnené o doplňujúce informácie, nemajú veľký význam na uplatnenie fuzzy logiky, nakoľko môžu viesť ku skresleným údajom. V prípade pohovoru personalistu s daným kandidátom sa týmto nepresnostiam dá vyhnúť, doplniť si poznatok o kandidátovi. Opätovným ohodnotením kandidáta pomocou fuzzy logiky sa získa presnejší obraz o jeho vhodnosti na pozíciu.

Prínosom tejto práce je nielen podrobný opis problematiky fuzzy logiky v praxi, ale aj poukázanie na širšiu možnosť jej využitia. Hoci sa fuzzy logika používa prevažne v technike, práca poukazuje na jej význam a využitie aj v spoločensko-vedných oblastiach, akou je narábanie s ľudským kapitálom.

Zoznam použitej literatúry

1. BAČA, P. *Fuzzy expertné systémy pre finančnú analýzu* [online]
<http://www2.fiit.stuba.sk/~kapustik/ZS/Clanky0910/baca/index.html>
2. BAN, A. 2006. *Intuitionistic Fuzzy Measures: Theory and Applications*. [online]
New York: Nova Science Publisher, Inc., 2006 ISBN 1594549117
3. HUDEC, M. 2015. *Fuzzy logika pre Hospodársku Informatiku*. Bratislava :
Vydavateľstvo Ekonóm, 2015. 220 s. ISBN 9788022541008
4. HUDEC, M. *Flexibilný odporúčací systém založený na confomance a t-norm
funkciách*. In: AIESA – budovanie spoločnosti založenej na vedomostiach : zborník:
16. medzinárodná vedecká konferencia, Bratislava. Vydavateľstvo EKONÓM,
2015. s. 62-69. ISBN 9788022541510
5. KEHAGIAS, A. *The Construction of Fuzzy-valued t-norms and t-conorms* [online],
<https://users.auth.gr/kehagiat/Papers/books/chapt18Kehagias.pdf>
6. KOHLAS, J. 2003. *Information Algebras : Generic Structures For Interference* .
[online] London: Springer-Verlag, 2003, ISBN 9781852336899
7. KOLESÁROVÁ, A.–KOVÁČOVÁ, M.: *Fuzzy množiny a ich aplikácie*. Bratislava:
Vydavateľstvo STU v Bratislave, 2004. 160 s. ISBN 8022720364
8. LIESKOVSKY, T. *Multikriteriálne rozhodovanie pomocou fuzzy množín v prostredí
GIS a jeho využitie v archeologickej predikcii*,
[online], https://www.academia.edu/1486547/Multikriteri%C3%A1lne_rozhodovanie_pomocou_fuzzy_mno%C5%BE%C3%ADn_v_prostred%C3%AD_GIS_a_jeho_vyu%C5%BEitie_v_archeologickej_predikcii_Multicriteria_Decision_Making_Using_Fuzzy_Sets_in_GIS_Environment_and_Its_Application_in_the_Archaeological_Prediction_
9. NAVARA, M.–OLŠÁK, P.: *Základy fuzzy množín*. Praha, Vydavatelství ČVUT
2002. 136 s, ISBN 8001025853
10. NOVÁK, V. 1990. *Fuzzy množiny a jejich aplikace*. Praha, STNL 1990. 296 s. ,
ISBN 88003003253
11. POK, O. *Fuzzy logika a fuzzy znalostné systémy* , [online]
<http://www2.fiit.stuba.sk/~kapustik/ZS/Clanky0708/pok/index.html#Sekcia3>

12. TURŇA, Ľ. *Ako súvisí pravdivosť a výpovedná hodnota volebných preferencií s validitou dotazníkových akcií*. In: AIESA – budovanie spoločnosti založenej na vedomostiach : zborník: 16. medzinárodná vedecká konferencia, Bratislava. Vydavateľstvo EKONÓM, 2015. s. 548-553. ISBN 9788022541510
13. Zákon č. 5/2004 §53, Z.z. O službách zamestnanosti a o zmene a doplnení niektorých zákonov
14. Zákon č. 122/2012 §5, Z.z. O ochrane osobných údajov a o zmene a doplnení niektorých zákonov