

MORAVSKÁ VYSOKÁ ŠKOLA OLMOUC

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2014

Emiliano da Cunha

MORAVSKÁ VYSOKÁ ŠKOLA OLMOUC

Ústav informatiky a aplikované matematiky

Emiliano da Cunha

Fuzzy expertní systém pro podporu manažerského rozhodování

Fuzzy Expert System for Business Decisions

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Prof. Dr. Ing. Miroslav Pokorný

Olomouc 2014

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a používal jen uvedené informační zdroje.

Olomouc .....

Vlastnoruční podpis

Poděkování:

Rád bych poděkoval na prvním místě bohu za to, že mě dal sílu a zdraví, abych napsal tuto práci. Děkuji také prof. Dr. Ing. Miroslavu Pokornému za cenné rady a jeho čas, který mi věnoval při zpracování bakalářské práce. Také bych chtěl poděkovat své rodině, protože mě na dálku vždy podporovali.

## Obsah

1 Úvod .....	6
2 Manažerské rozhodování .....	7
2.1 Úvod do problematiky rozhodování .....	7
2.2 Typy manažerských rozhodování .....	8
2.2.1 Metody manažerského rozhodování .....	10
2.2.2 Modely rozhodování .....	11
2.3 Proces rozhodování .....	11
2.3.1 Fáze rozhodovacího procesu .....	12
2.3.2 Rozhodování za rozdílných podmínek .....	14
3 Rozhodovací expertní systémy .....	15
3.1 Struktura expertního systému .....	15
3.2 Formalizace neurčitosti pomocí fuzzy množin .....	16
3.3 Jazykový pravidlový fuzzy-logický model .....	17
3.4 Mamdaniho vyvozovací metoda .....	19
4 Fuzzy expertní systém pro hodnocení dodavatele .....	21
4.1 Deklarace proměnných .....	22
4.2 Deklarace pravidel báze znalostí .....	22
5 Implementace expertního systému .....	24
5.1 Struktura systému .....	24
5.2 Editace funkcí příslušnosti hodnot jazykových proměnných .....	26
5.3 Editace pravidel báze znalostí .....	28
6 Grafické závislosti velikosti výstupní proměnné na proměnných vstupních .....	29
7 Simulace funkce systému .....	32
8 Závěr .....	35
9 Seznam zkratk .....	36
10 Seznam obrázků a tabulek .....	39
11 Seznam použité literatury .....	40
12 Internetové zdroje .....	41

# 1 Úvod

Pro své bakalářskou práci jsem si zvolil téma **Fuzzy expertní systém pro podporu manažerského rozhodování**, protože mne tento systém velmi zaujal. Systém „Fuzzy Expert“ je postaven na bázi umělé inteligence. Umělá inteligence mne vždy fascinovala a zajímalo mne, jakým způsobem lze naučit „neživou věc z polovodičů“ naučit přemýšlet jako živou bytost. Zajímají mne způsoby, jakými člověk naučí počítač přemýšlet tak, aby elementární i složitější úlohy dokázal vypracovat sám, přinejmenším stejně dobře, jako by to udělala lidská bytost, ale zároveň, aby při hledání řešení nechyboval. Přestože v současnosti je lidský mozek mnohem rychlejší než počítačové systémy, v jistých případech zvládne počítač ledačco mnohem rychleji. Necháme-li člověka počítat do tisíce, bude mu to trvat přibližně čtvrt hodiny, ale počítač udělá totéž za nepatrný zlomek sekundy a v tom je, dle mého názoru, skryta síla nejen Fuzzy Expert systémů, ale veškerých systémů, které využívají umělé inteligence ke svému chodu a k řešení zadaných úloh.

Vždy mne zajímaly obory zabývající se manažerskými rozhodnutími, aby tato rozhodnutí byla co možná nejefektivnější. Lidé, kteří rozhodovali o osudech společností (firem), mi byly vždy inspirací a obdivoval jsem, kdy na základě jediné věty pronesené člověkem, může firma ušetřit nemalé finanční prostředky. O to více mne zaujaly počítačové systémy, které tato rozhodnutí dokážou činit samy – bez lidských emocí, rychle, efektivně a to pouze pomocí matematických modelů.

Tuto dokumentaci budu zpracovávat tak, abych se seznámil s Fuzzy Expert systémy a mohl tak proniknout do tajů umělé inteligence, či případně si rozšířit znalosti v oboru. Jak v teoretické, tak i v praktické části se budu věnovat především problematice rozhodovacích procedur v oblasti ekonomie a managementu. V praktické části se budeme věnovat samotným výpočtům a simulacím, které slouží především k rozhodování, jakou nastavit cenu, kvalitu a spolehlivost výrobku tak, aby prodej byl co možná nejvíce rentabilní díky výběru vhodnějšího dodavatele. Výsledky několika replikací samotné simulace jsem porovnal s vlastními výpočty a tím jsem ověřil funkci expertního systému, který jsem vytvořil.

## 2 Manažerské rozhodování

### 2.1 Úvod do problematiky rozhodování

Rozhodování představuje jednu ze základních manažerských aktivit, jejíž kvalita ovlivňuje do značné míry výsledky i efektivnost fungování organizačních jednotek v hospodářské sféře i veřejně správě. Manažeři na jednotlivých úrovních řízení by si měli proto osvojit určitý soubor poznatků a dovedností, které jsou důležité pro zabezpečení požadované kvality řešení rozhodovacích problémů, resp. Rozhodování.<sup>1</sup>

Rozhodování bezesporu patří mezi jedny z nejvýznamnějších činností, které manažeři uskutečňují v rámci managementu. Rozhodování je možné chápat jako jádro řízení a mnohdy je také jako synonymum řízení chápáno. Podle některých pojetí řízení jsou manažerské funkce rozdělovány na dvě skupiny. První jsou tzv. Sekvenční manažerské funkce realizující se v určitém časovém sledu a zahrnují plánování, organizování, výběr a rozmístění pracovníků, vedení lidí a kontrolu. Druhou skupinu tvoří funkce, které se provádějí průběžně a v podstatě prostupují sekvenční manažerské funkce. Mezi ty, kromě analýzy činnosti a komunikace, patří právě rozhodování. Jako nedílná složka manažerské práce je tedy rozhodování uplatňováno při jakýchkoliv manažerských činnostech, nevýrazněji se však uplatňuje při plánování, neboť jádro plánovacích procesů tvoří právě rozhodovací procesy.<sup>2</sup>

Efektivitu a celkovou prosperitu organizací ovlivňují především kvalita a výsledky procesu, v první řadě strategické rozhodovací procesy. Zde se velmi projevuje význam rozhodování. V případě nekvalitního rozhodování velmi často dochází k podnikatelským neúspěchům. Důležitost rozhodování se odvíjí především i od finančních prostředků a dalších zdrojů, které byly daným rozhodovacím prostředkům vymezeny nebo o kterých se v daném rozhodovacím procesu rozhoduje.

Základem rozhodování, rozhodovacích procesů je volba mezi aspoň dvěma možnostmi či variantami rozhodování a řešení situace. Více či méně lze zapojit i v manažerském rozhodování intuici mezi vědecké postupy.

Všichni manažeři na všech úrovních řízení dělají neustále nějaká rozhodnutí, to je podstatou a náplní jejich práce. Ať už jde o rozhodování charakteru strategického nebo operativního, jeho kvalita má

---

<sup>1</sup> FOTR, Jiří a Lenka ŠVECOVÁ. *Manažerské rozhodování* s. 13

<sup>2</sup> FOTR, Jiří a Lenka ŠVECOVÁ. *Manažerské rozhodování: postupy, metody a nástroje* s. 16

vliv na výkonnost a efektivitu organizace. Je tedy velmi důležité a bezpodmínečně nutné, aby si manažeři osvojili určitý soubor dovedností, který je důležitý pro dosažení požadované kvality rozhodování.<sup>3</sup>

## 2.2 Typy manažerských rozhodování

Rozhodnutí proto můžeme v zásadě dělit na rutinní (programovaná) a specifická (neprogramovaná). Manažerská rozhodnutí se tedy mohou týkat jak běžných problémů, které se neustále opakují, tak problémů ojedinělých a složitých.

### ➤ *Programovaná rozhodování*

V případě výskytu problému je manažer povinen určit postup jeho řešení. Jde-li o postup, který se běžně užívá či opakuje, jde tedy o **programované rozhodování**. Manažeři tato rozhodování podstupují často a neměli by se jimi příliš zabývat do hloubky – nevynakládat na ně úsilí ani čas.

**Rutinní rozhodnutí** se vyznačují použitím běžného opakovaného postupu, pravidel, standardů či taktik, a zabývají se dobře strukturovanými jednoduchými problémy. Může jít například o rozhodnutí, týkající se kapacitního vytížení zařízení, obsazení pracovních míst nebo rozdělení odměn.<sup>4</sup>

### ➤ *Neprogramovaná rozhodování*

Vyskytne-li se problém nový, specifický, který nelze do určité míry opakovat a není vázán na problémy minulé, musí manažer najít odlišné řešení a výsledky takových řešení se nazývají **neprogramovaná rozhodování**.

Specifická rozhodnutí vyžadují zpravidla tvůrčí přístup, rozsáhle znalosti a zkušenosti a často i intuici. Zabývají se totiž problémy špatně strukturovanými, které jsou do určité míry nové a neopakovatelné a zpravidla i mimořádně složité a významné. Pro tyto problémy bývá charakteristická existence většího počtu kritérií hodnocení variant řešení a obtížná interpretace

---

<sup>3</sup> ŠULEŘ, Oldřich. *5 rolí manažera a jak je profesionálně zvládnout se 147*

<sup>4</sup> ŠULEŘ, Oldřich. *5 rolí manažera a jak je profesionálně zvládnout se 148*



informací potřebných pro rozhodnutí. Příkladem může být uvedení nového výrobku na trh, změna organizační struktury nebo inovace. Tato rozhodnutí se dělají spíše na vyšších úrovních řízení.<sup>5</sup>

<b>ROZHODOVÁNÍ</b>	<b>PROBLÉM</b>	<b>POSTUPY</b>	<b>PŘÍKLAD</b>
Programovaná	Rutinní, opakovaný	Stand. Postupy, pravidla, taktiky	Kolik najmout lidí na pracovní úkol?
Neprogramovaná	Složitý, ojedinělý	Tvůrčí řešení problémů	Vývoj nového produktu.

**Tab. 1** Typy rozhodnutí: problém, postupy a příklad (vlastní zpracování)

<sup>5</sup> ŠULEŘ, Oldřich. *5 rolí manažera a jak je profesionálně zvládnout se 147*

Úroveň řízení	Vrcholová	Složité, nestrukturované problémy za rizika a neurčitosti	Typ problému
	Střední	Strukturované i nestrukturované problémy	
	Nižší	Dobře strukturované, opakující se časté problémy	
	Rutinní rozhodnutí		→

**Obr. 1** Typy rozhodnutí podle úrovně řízení (podle Donnelly, Gibson, Ivacevich, 1997)

### 2.2.1 Metody manažerského rozhodování

Rozhodování lze dělit podle počtu kritérií na monokritériální (jedno kritérium) a multikritériální (více kritérií).<sup>6</sup>

Existují tzv. jednoduché metody rozhodování, mezi které patří jednoduché způsoby výběru nejlepší varianty řešení problému, formálně-logické metody, tj. rozhodovací tabulky, logicko-analytické metody, tj. rozhodovací analýza a metody využívající poznatky teorie grafů, mezi které patří rozhodovací stromy nebo rozhodovací sítě.

Dále existují matematické metody a operační výzkum jako nástroj rozhodování. Mezi tyto metody lze zařadit metody pro analýzu struktury a chování systému a jeho okolí, což je síťová analýza, strukturální analýza, jsou to metody optimální alokace omezených zdrojů, metody analýzy okolí, metody pro řešení problému soutěže, simulační techniky nebo metody hlavních subsystémů, tedy moderní teorie hromadné obsluhy, moderní teorie zásob a moderní teorie obnovy.

Mezi ostatní metody patří například hodnotová analýza, hodnotové inženýrství nebo různé prognostické metody.

<sup>6</sup> Dostupné z: [online]. [cit. 2014 -02 -24]. Dostupné z: [http://www.fd.cvut.cz/personal/honcumar/W1MR\\_01.ppt](http://www.fd.cvut.cz/personal/honcumar/W1MR_01.ppt)

## 2.2.2 Modely rozhodování

Modely rozhodování typizujeme z hlediska rozsahu, zda jde o makroekonomický či mikroekonomický model. Dále dle chování na stochastické modely, tj. nahodilé modely, nebo na deterministické modely, což jsou modely, které vycházejí z předchozích událostí a stavů.<sup>7</sup> Modely se dělí také z hlediska času na statické a dynamické. Modely mohou být jednostupňové nebo vícestupňové. Podle vlivu okolí se modely dělí na otevřené (okolí má vliv) a uzavřené (okolí vliv nemá). Dle způsobu řešení lze modely dělit na optimalizované a heuristické (není znám přesný algoritmus nebo metoda pro řešení).

Mezi heuristické modely patří i modely jazykové, které jsou základem expertních systémů. Tyto modely mají podobu souboru podmíněných pravidel, které vyslovuje expert podle svých znalostí, zkušeností a používaných heuristik. Tyto modely jsou nástroji vědního oboru Umělá inteligence<sup>8</sup>

Jazykové (nenumernické) modely jsou určeny pro počítačovou formalizaci lidských expertních znalostí (znalosti subjektivní), zatím co modely matematické (numerické) jsou vhodné pro formalizaci znalostí objektivních (rovnice, soustavy rovnic, logické kalkuly apod). Jazykový pravidlový fuzzy model je blíže popsán v kap. 3.3.

## 2.3 Proces rozhodování

Rozhodovací proces je posuzování více variant a výběr varianty určené k realizaci. Rozhodnutí může být dílem okamžiku, s tím bychom se však měli setkat pouze na operativní úrovni, kde převažují dobře strukturované problémy. Na střední a vrcholové úrovni řízení mívá rozhodování větší dopad, a proto probíhá v jednotlivých etapách. První etapou je analýza okolí zahrnující zjišťování podmínek vyvolávajících nutnost rozhodovat, identifikaci rozhodovacích problémů a stanovení jejich příčin. Další etapou je návrh řešení, který je zaměřen na hledání, tvorbu, rozvíjení a analýza možných směrů činností. Volba řešení zahrnuje hodnocení variantních realizací. Poslední nezbytnou fází tvoří kontrola výsledků, která hodnotí skutečně dosažené výsledky vzhledem k iniciaci dalších rozhodovacích procesů.<sup>9</sup>

Pomocí rozhodnutí chce manažer dosáhnout požadovaného stavu. Každé rozhodnutí je výsledkem dynamického procesu, který je ovlivněn řadou faktorů, jako jsou organizační prostředí, dovednosti, motivace atd.<sup>10</sup>

---

<sup>7</sup> [online]. [cit. 2014-02-24]. Dostupné z [http://www.fd.cvut.cz/personal/honcumar/W1MR\\_01.ppt](http://www.fd.cvut.cz/personal/honcumar/W1MR_01.ppt) [vlastní překlad]

<sup>8</sup> MAŘÍK, Vladimír. *Umělá inteligence 2. s 373*

<sup>9</sup> KOMINÁCKÁ, Jitka. *Prostorově orientované systémy pro podporu manažerského rozhodování s. 7*

<sup>10</sup> ŠULEŘ, Oldřich. *5 rolí manažera a jak je profesionálně zvládnout s.148*

### 2.3.1 Fáze rozhodovacího procesu

Celou tvorbu manažerského rozhodovacího procesu jde uměle systematicky rozdělit do celkem osmi etap.

#### ➤ **Identifikace rozhodovacího problému**

Jedná se o fázi, ve které si připustíme, že bude nutné vůbec něco rozhodnout a kdy komplexnější problémy (např. vstup na zahraniční trh) rozdělíme na dílčí podproblémy (volba formy vstupu na trh, výběr sídla, advokátní kanceláře, reklamní kampaně, atd.). Pokud bychom se měli držet formální terminologie, pak se v této fázi provede situační analýza, v rámci níž dojde k rozpoznání problémových situací, dekompozici problémových situací do dílčích úloh, stanovení priorit řešení dílčích problémů a stanovení plánu řešení. První krok v rozhodování obvykle nepřichází za účelem něco rozhodnout, ale spíše za účelem analyzovat nějaký neuspokojivý stav. Ten je často způsoben více příčinami, přičemž v této fázi je důležité ohodnotit jejich význam (tj. stanovit priority) a začít řešit tu nejzásadnější z nich.

#### ➤ **Analýza a formulace problému**

V tomto kroku je nutné přesně formulovat to, o čem se bude vlastně rozhodovat. Obecně by mělo platit, že formulace problému by jasně měla dát odpověď na otázky co, kde, kdy, kdo a v jakém rozsahu má vlastně řešit, potažmo rozhodnout.

#### ➤ **Stanovení kritérií hodnocení**

Jde o nejdůležitější a nejzásadnější součást manažerského rozhodování, která se také nejvíce zneužívá při zadávání veřejných zakázek. Vybraná kritéria a jejich váhy by měla plně odpovídat našim přáním a očekáváním, to, čemu se chceme vyhnout a možné dopady na ostatní činnosti naší firmy.

#### ➤ **Tvorba variant**

Existují varianty známé a varianty, které nejsou známé. Z toho mimo jiné vyplývá i to, že z rozhodování budou zcela určitě některé relevantní alternativy vyloučeny. Důležité je, aby v tomto kroku nebyly vyloučeny ty varianty, které „vnitřně“ považujeme za nepřijatelné,

protože by mohl být vyloučen i potenciální vítěz, který by podle nastavených kritérií a vah, které jsou považovány za správně nastavené, získal nejvíce bodů. Vyloučení nepřijatelných variant se přitom při manažerském rozhodování používá, ale nikoliv v tomto kroku.

#### ➤ **Určení důsledků jednotlivých variant**

V tomto kroku, který nezdědka bývá zahrnutý už do samotné tvorby variant, dochází ke stanovení budoucích důsledků jednotlivých variant vzhledem ke všem daným kritériím.

#### ➤ **Hodnocení a výběr varianty**

Hodnocení a výběr variant probíhá obvykle ve dvou krocích, a to z toho prostého důvodu, že někdy je k dispozici variant tolik, že detailní posouzení každé z nich by zbytečně zdržovalo a mohlo by být příliš drahé. Proto se často nejprve provede předvýběr (např. z bezpečnostních důvodů vyloučíme dodavatele nespolehlivých technologií).

#### ➤ **Realizace zvolené varianty**

Tento krok je přirozeným vyústěním celého rozhodovacího procesu. Jako takový však vyžaduje nejvíce odvahy. Ve firmě se totiž musí najít někdo, kdo převezme zodpovědnost za výsledek procesu, který ovlivňovala celá řada lidí, často i externistů, a který ze své podstaty ovlivňují i externí faktory, které nemůže firma ovlivnit a které třeba nebyly uvažovány („zásah vyšší moci“, např. povodně).

#### ➤ **Kontrola výsledků**

Tak jako u každého firemního procesu, tak i u manažerského rozhodování je posledním bodem kontrola výsledků. Ta by měla přinést odpovědi na dvě zásadní otázky. Jak byly přesné expertní odhady důsledků zvolené varianty a jak a zda se podařilo vůbec vyřešit primární problém, kvůli kterému jsme celé rozhodování uskutečnili.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> [online]. [cit. 2014-02-23]. Dostupné z: <http://www.businessvize.cz/rizeni-a-optimalizace/uvod-do-manazerskeho-rozhodovani>

### 2.3.2 Rozhodování za rozdílných podmínek

Při rozhodování alternativ přichází v úvahu tři základní situace - rozhodování za jistoty, rizika nebo určitosti.

#### ➤ *Rozhodování za jistoty*

Nastává za situace, kdy má manažer k dispozici úplné informace o možných důsledcích volby jednotlivých alternativ nebo variant.

#### ➤ *Rozhodování za rizika*

V takovém případě zná manažer možnou budoucí situaci a pravděpodobnost jejího výskytu. Potřebnou pravděpodobnost je možné stanovit objektivně nebo subjektivně.

Objektivní pravděpodobnost vychází ze statistických údajů. Subjektivní pravděpodobnost vychází z manažerovy zkušenosti, inteligence a intuice v situaci, kdy nejsou k dispozici statistické údaje.

#### ➤ *Rozhodování za neurčitosti*

Dochází k němu v situaci, kdy nejsou k dispozici žádné informace, které by mohly určit reálné výsledky jednotlivých variant, ani pravděpodobnost přibližných výsledků.

Rozhodování za jistoty a neurčitosti představuje v podnikatelské praxi víceméně krajní případy. Rozhodování za jistoty se vyskytuje spíše na nižších úrovních řízení, rozhodování za neurčitosti na vrcholové úrovni. Většina rozhodovacích procesů však probírá určité prvky jistoty, rizika a neurčitosti.<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> ŠULEŘ, Oldřich. *5 rolí manažera a jak je profesionálně zvládnout* s.149

### 3 Rozhodovací expertní systémy

*Expertní systémy* jsou specializované počítačové programy, které simulují rozhodovací činnost expertů při řešení velmi složitých, úzce problémově zaměřených úloh. Je nesporné, že jejich funkce je s lidskou i umělou inteligencí velmi úzce spjata. Expertní systémy jsou obvykle koncipovány pro off-line režim. Principy skladby i funkce znalostních i expertních systémů jsou přitom totožné a nebudeme proto mezi nimi dělat rozdíl. Z praktických důvodů aplikačního zaměření učebnice do oblasti ekonomiky a managementu budeme nadále hovořit pouze o systémech expertních, které jsou zde typické.

Expertní systémy jsou založeny na myšlence převzetí znalostí od experta (tj. jeho znalostí objektivních i subjektivních) a jejich vhodné počítačové reprezentace, která by umožnila počítačovému programu využívat těchto znalostí zhruba stejným způsobem, jako jich využívá expert<sup>13</sup>

#### 3.1 Struktura expertního systému

Jádro takového systému (Obr. 2) tvoří *řídící (inferenční) mechanismus*, který operacemi nad *bází znalostí* na základě aktuálních dat (dotazu) upřesňuje (aktualizuje) obecný model a vyvozuje odpověď (závěr).

Báze znalostí jako obecný model chování studované soustavy je tvořena expertními znalostmi, které jsou formalizovány vhodnou reprezentací. Kromě pravidlové reprezentace, která je preferována v této učebnici, existuje řada dalších možností.

Aktualizace modelu je provedena vstupem konkrétních dat k danému případu. Konkrétní data jsou reprezentována *bází dat* a mohou být získána jako jazykové hodnoty od uživatele (operátora), přímým měřením nebo kombinovaně.

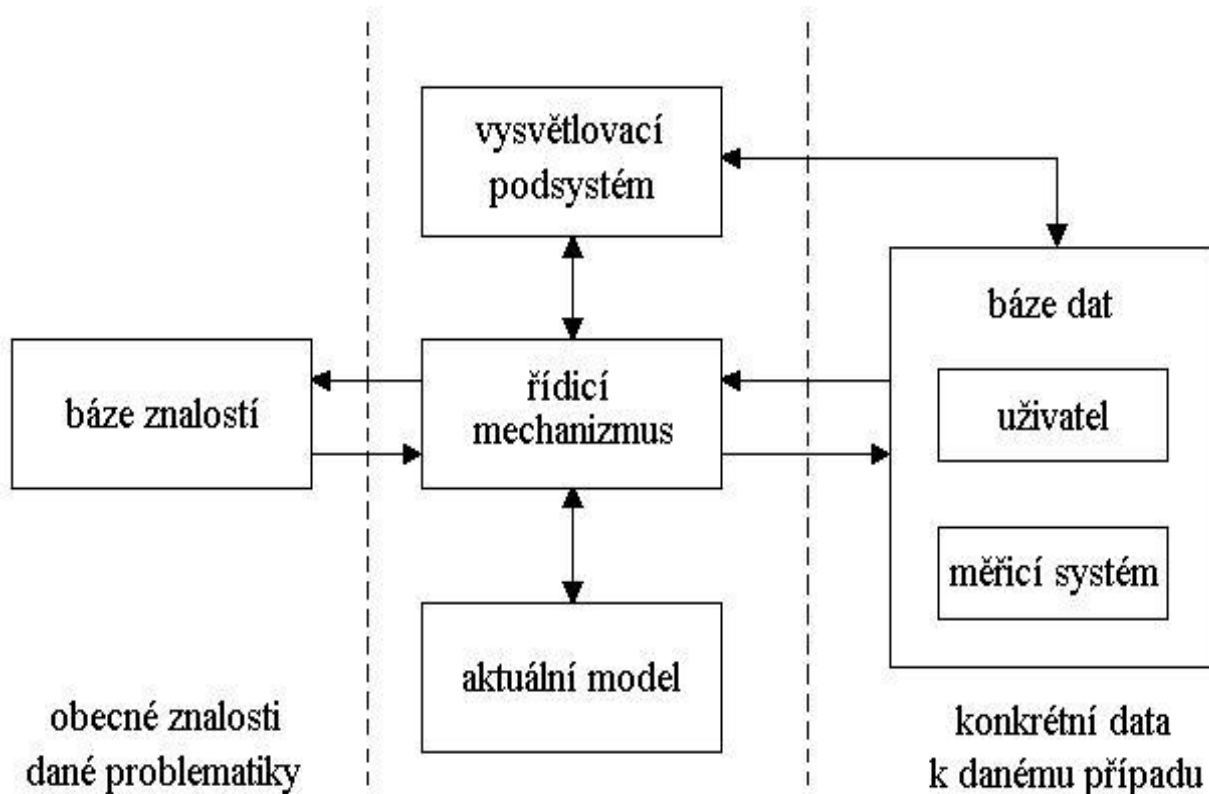
Výsledkem činnosti diagnostického expertního systému je seznam ohodnocených závěrů - cílových hypotéz (diagnóz).

Uživatelsky významnou částí expertního systému je *vysvětlovací podsystém*. Ten poskytuje informace o konkrétním postupu, jímž bylo dosaženo závěru. Tak může uživatel sám posoudit kvalitu báze znalostí i inference a výsledek odvození případně dodatečně modifikovat.<sup>14</sup>

---

<sup>13</sup> Pokorný, M.: *Umělá inteligence v modelování a řízení*. s 11

<sup>14</sup> Novák, V.: *Základy fuzzy modelování*. s. 48



**Obr. 2** Struktura expertního systému

Lze říci, že cílem expertního systému je dosahovat obdobně kvalitních závěrů při řešení složitých problémů, jako by stejný problém řešil člověk-expert v daném oboru. Expertní systémy jsou schopny efektivně využívat eventuální nejistoty jak v bázi znalostí, tak v bázi dat.

### 3.2 Formalizace neurčitosti pomocí fuzzy množin

Fuzzy množiny jsou v pravidlech jazykových modelů využity pro formalizaci významu slov přirozeného jazyka (malý, velký, téměř, skoro apod). Přirozenou vlastností slov je jejich vágnost – tedy neurčitost, kterou musí fuzzy množina efektivně formalizovat. Tento problém je přímo spojen s problémem rozhodování o náležitosti nebo nánáležitosti prvku do množiny.

V převážné většině praktických případů lze jen obtížně tvrdit, že určitý prvek do určité množiny náleží či nánáleží. I když prvek nese dominantní znaky vlastností prvků určité množiny *A*, může více, méně, v menší míře vykazovat také znaky vlastností množiny *B*. Rozhodnutí o přiřazení prvku do množiny *A* je pak nejednoznačné.

Situaci může efektivně řešit přístup, v němž kromě pojmu absolutního náležitosti či nánáležitosti prvku do určité množiny zavedeme pojem částečného náležitosti prvku do množiny. Jde zřejmě o zobecnění pojmu stupně příslušnosti, kdy rozšíříme definiční obor jeho hodnot ze dvou diskrétních (0, 1) na uzavřený interval  $\langle 0, 1 \rangle$

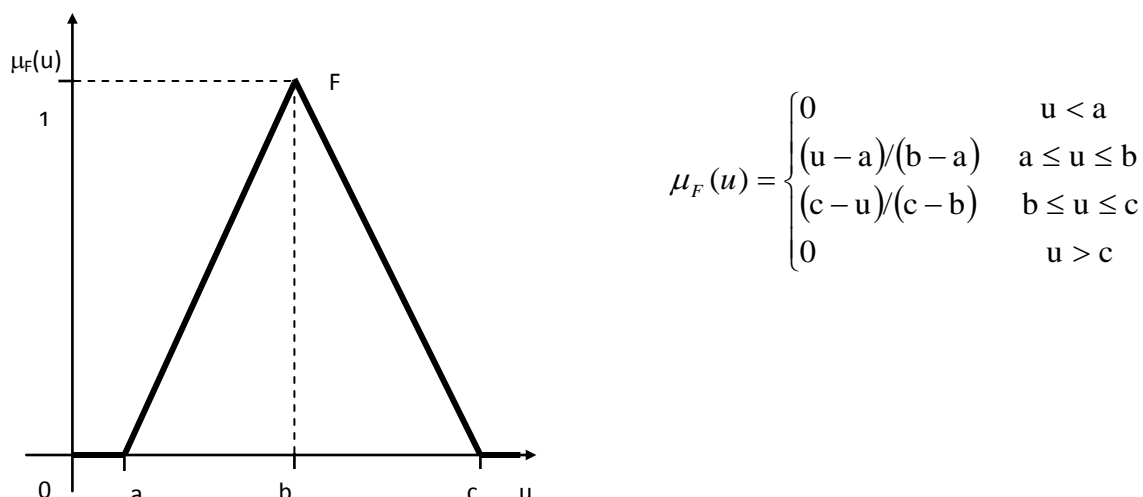


$$\mu_F : U \rightarrow \langle 0,1 \rangle.$$

Množiny, které umožňují definovat velikost stupně náležení prvků, se nazývají podle *fuzzy množiny*. Fuzzy množina  $F$  je definována jako přiřazení, které každému prvku  $u$  univerza  $U$  přiřazuje hodnotu funkce jeho příslušnosti do fuzzy množiny  $F$  rovnou  $\mu_F(u)$

$$F = \{(\mu_F(u)) / u \in U\}.$$

V praxi je fuzzy množina  $F$  prvků  $u$  ztotožněna s její funkcí příslušnosti  $\mu_F(u)$ . Funkce příslušnosti se v praxi nejčastěji aproximuje lomenými přímkami. Trojúhelníková aproximace fuzzy množiny, nazývané fuzzy číslem „*asi b*“, jsou spolu s analytickým aproximačním vztahem uvedeny na Obr. 3.



**Obr. 3** Funkce příslušnosti – fuzzy číslo  $b$

### 3.3 Jazykový pravidlový fuzzy-logický model

Jazykový pravidlový fuzzy model typu Mamdani, který bude dále využit, je dán množinou  $r = 1, 2, \dots, R$  pravidel typu *IF – THEN*. Jeho  $r$ -té pravidlo má tvar<sup>15</sup>

$$IF [x_1 \text{ is } A_r(x_1) \text{ and } x_2 \text{ is } A_r(x_2) \text{ and } \dots \text{ and } x_n \text{ is } A_r(x_n)] THEN [y \text{ is } B_r(y)]$$

<sup>15</sup> Pokorný, M.: *Umělá inteligence v modelování a řízení*. s 29

Levá strana pravidla se nazývá antecedent (předpoklad), pravá konsekvent (důsledek, závěr). Antecedent je složen z fuzzy konjunkce dílčích fuzzy tvrzení o velikosti vstupních proměnných, konsekvent obsahuje fuzzy tvrzení o odpovídající velikosti výstupní proměnné.

Pro interpretaci fuzzy logických spojek (fuzzy konjunkce, fuzzy disjunkce, fuzzy implikace) lze využít – na rozdíl od logiky konvenční – různé, variantní předpisy (funkce t-normy, funkce t-konormy, fuzzy implikační funkce).

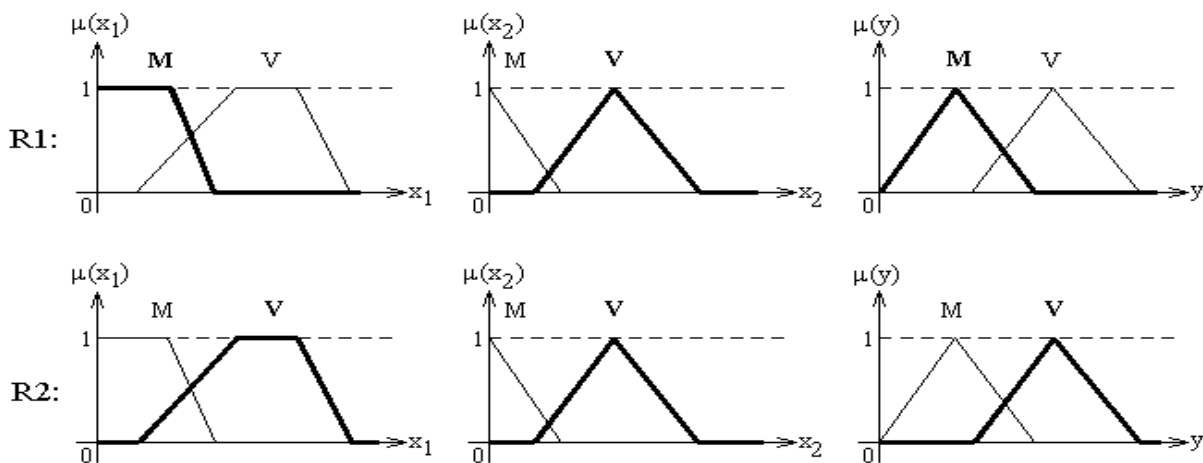
Pro vyvození velikosti tvaru fuzzy množiny výstupní proměnné při uvažování konkrétních hodnot proměnných vstupních bude použita Mamdaniho vyvozovací metoda. Ta předpokládá, že fuzzy konjunkce mezi tvrzeními v antecedentu je interpretována jako obyčejná konjunkce (min), fuzzy implikační funkce THEN je interpretována jako Mamdaniho implikace (min) a jednotlivá pravidla jsou spojena fuzzy disjunkcí interpretovanou jako obyčejná disjunkce (max).

Uvažujme soustavu s dvěma vstupními a jednou výstupní proměnnou [6]. Tuto soustavu budeme modelovat s využitím fuzzy modelu Mamdani, který bude mít dvě vstupní a jednu výstupní jazykovou proměnnou. Všechny proměnné nechť mají dvě jazykové hodnoty – *MALÝ* a *VELKÝ*.

Sestavíme jazykový model soustavy s použitím dvou pravidel, z nichž první se bude vyjadřovat k situaci, v níž je hodnota výstupní proměnné *MALÁ* a druhé k situaci, v níž je hodnota výstupní proměnné *VELKÁ*.

- R<sub>1</sub>: IF( $x_1$  is *MALÝ*) and ( $x_2$  is *VELKÝ*) THEN ( $y$  is *MALÝ*)
- R<sub>2</sub>: IF( $x_1$  is *VELKÝ*) and ( $x_2$  is *VELKÝ*) THEN ( $y$  is *VELKÝ*)

Jazykové proměnné vstupních veličin  $x_1$  a  $x_2$  a výstupní veličiny  $y$  jsou nakresleny na obrázku Obr. 4, který současně reprezentuje graficky obě pravidla modelu.<sup>16</sup>



**Obr. 4** Jazykové proměnné vstupních veličin

<sup>16</sup> Novák, V.: *Základy fuzzy modelování*. s. 48

Fuzzy množiny jazykových hodnot, které jsou aktuální v jednotlivých pravidlech, jsou zdůrazněny tučnými čarami.

### 3.4 Mamdaniho vyvozovací metoda

Vyvození tvaru funkce příslušnosti výstupní fuzzy množiny  $B^0(y)$  je provedeno Mamdaniho inferenční metodou s využitím kompozičního vyvozovacího pravidla<sup>17</sup>

$$B^0(y) = R \circ A(x_j^0)$$

kde  $B^0(y)$  je vstup modelu determinovaný podle obecného modelu  $R$ , je relace fuzzy kompozice a  $A(x_j^0)$  je vektor  $n$ - konkrétních hodnot vstupních veličin  $j = 1, \dots, n$ .

Pravdivostní hodnota  $j$ -tého dílčího fuzzy tvrzení v antecedentu pravidla obsahujícího  $j$ -tou vstupní proměnnou  $x_{jin}$  v  $r$ -tém pravidle je

$$\mu_{r,j} = \max_{x_j} \{ \min [ A(x_j^0), A_r(x_j) ] = \text{Cons} [ A(x_j^0), A_r(x_j) ] \}$$

Výstupní veličina  $r$ -tého pravidla je vyvozena ve tvaru fuzzy množiny s funkcí příslušnosti

$$B_r^0(y) = \min_y \{ \mu_r, B_r(y) \} = \min_y \{ \min_j \{ [ A(x_j^0), A_r(x_j) ], B_r(y) \} \}$$

Globální výstupní veličina je pak vyvozena ve tvaru fuzzy množiny s funkcí příslušnosti

$$B^0(y) = \max_y \{ B_r^0(y) \} = \max_y \{ \min_y \{ \min_j [ A(x_j^0) \cup A_r(x_j) ], B_r(y) \} \}$$

Pro získání výstupní hodnoty ve tvaru obyčejného čísla  $y^{crisp}$  je fuzzy množina  $B_r^0(y)$  transformována vztahem metody COF.

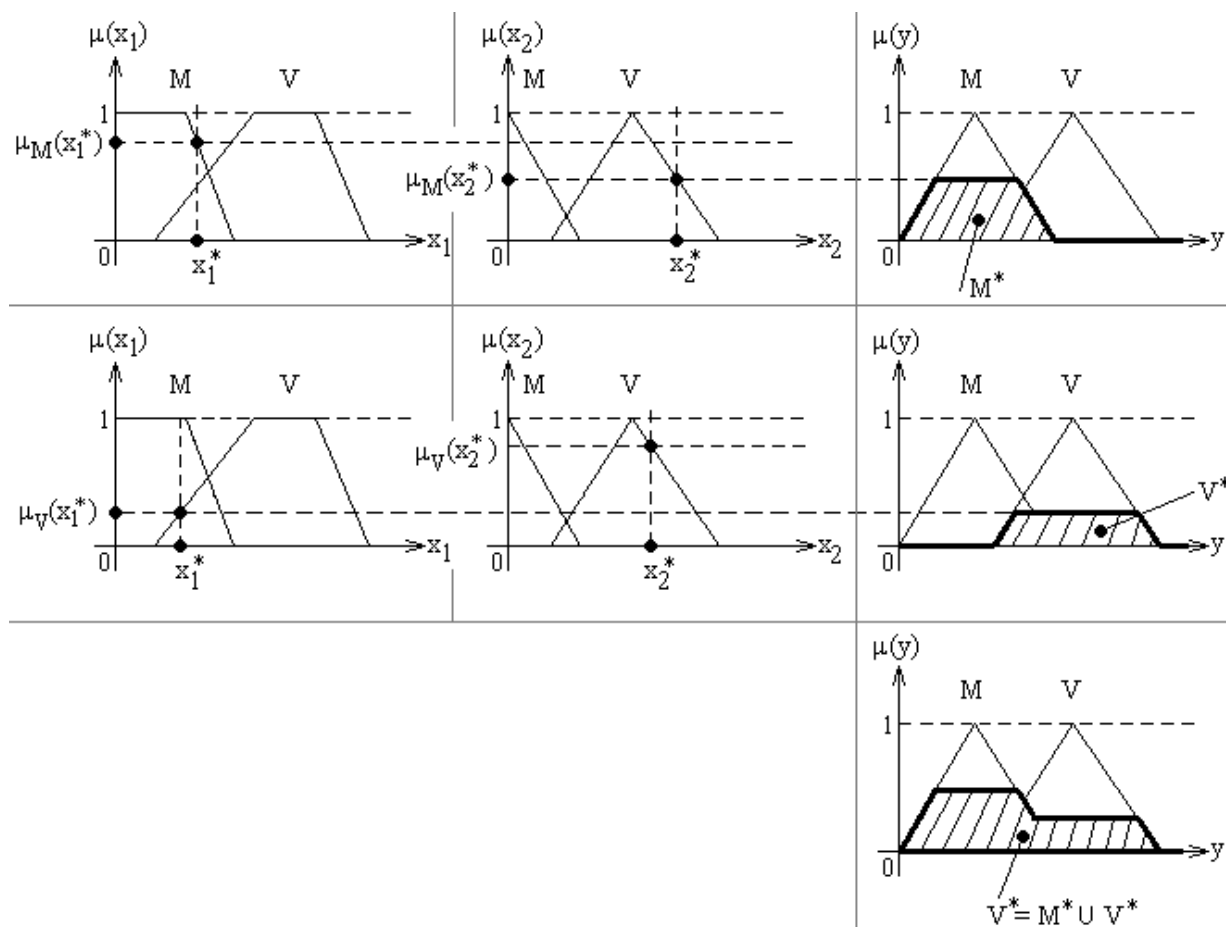
$$y^{crisp} = \frac{\int_Y y \cdot \mu_{B_y} dy}{\int_Y \mu_{B_y} dy}$$

Syntéza pravidlového fuzzy modelu je provedena na základě expertních hypotéz, vyslovených expertem o vztahu jazykových vstupních a výstupní veličiny.

Stanovení tvaru výsledné fuzzy množiny výstupní proměnné  $y$  při uvažování (dosazení) konkrétních hodnot vstupních proměnných  $x_1$  a  $x_2$  metodou Mamdani lze názorně vyjádřit graficky. Postupujeme podle obrázku Obr. 5 takto:

<sup>17</sup> Pokorný, M.: *Umělá inteligence v modelování a řízení*.

- dosazované konkrétní hodnoty vstupních proměnných jsou označeny  $x_1^*$  a  $x_2^*$ .
- nejprve zjistíme tvar výstupní fuzzy množiny pro první pravidlo. V souladu se zněním prvního pravidla zjistíme velikost stupně příslušnosti hodnoty  $x_1^*$  k fuzzy množině  $M$  a označíme jej jako  $\mu_M(x_1^*)$ . Dále zjistíme velikost stupně příslušnosti hodnoty  $x_2^*$  k fuzzy množině  $V$  a označíme jej jako  $\mu_V(x_2^*)$ .
- porovnáme velikosti  $\mu_M(x_1^*)$  a  $\mu_V(x_2^*)$  a vybereme menší z nich, tedy  $\mu_V(x_2^*)$ .
- touto hodnotou „ořežeme“ jazykovou hodnotu výstupní hodnoty  $y$  v prvním pravidle, tedy fuzzy množinu  $M$ . Ořezanou fuzzy množinu označíme jako  $M^*$  a budeme ji uvažovat jako



**Obr. 5** Vyvození tvaru výstupní fuzzy množiny  $V^*$

- nyní zjistíme tvar výstupní fuzzy množiny pro druhé pravidlo. V souladu se zněním druhého pravidla zjistíme velikost stupně příslušnosti hodnoty  $x_1^*$  k fuzzy množině  $V$  a označíme jej jako  $\mu_V(x_1^*)$ . Dále zjistíme velikost stupně příslušnosti hodnoty  $x_2^*$  k fuzzy množině  $V$  a označíme jej jako  $\mu_V(x_2^*)$ .
- porovnáme velikosti  $\mu_V(x_1^*)$  a  $\mu_V(x_2^*)$  a vybereme menší z nich, tedy  $\mu_V(x_1^*)$ .

➤ touto hodnotou „ořežeme“ jazykovou hodnotu výstupní hodnoty  $y$  v druhém pravidle, tedy fuzzy množinu  $V$ . Ořezanou fuzzy množinu označíme jako  $V^*$  a budeme ji uvažovat jako výstup druhého pravidla.

➤ výslednou výstupní fuzzy množinu s uvažováním obou pravidel  $Y^*$  získáme sjednocením fuzzy množin  $M^*$  a  $V^*$

$$Y^* = M^* \cup V^*$$

Výsledkem přibližného usuzování je tedy fuzzy množina  $Y^*$ , kterou můžeme jazykově interpretovat jako „SPÍŠE MALÝ“.

Popsaná metoda vyvozování se nazývá Zadehova interpolační metoda. Pokud bychom potřebovali výstup ve formě čísla, provedeme defuzzifikaci fuzzy množiny  $Y^*$  pomocí metody těžště COF<sup>18</sup>.

Zadehova interpolační metoda bude použita v praktické části bakalářské práce pro vyvozování výsledků v expertním systému pro hodnocení kvality dodavatele.

## 4 Fuzzy expertní systém pro hodnocení dodavatele

V praktické části bakalářské práce bude navržen expertní systém pro podporu rozhodování o kvalitě dodavatele. Projekt bude implementován a odladěn v prostředí FuzzyToolBox MATLABu.

Jazykový fuzzy model má tři vstupní jazykové proměnné – kvalitu výrobku, cenu výrobku a spolehlivost výrobku. Na základě těchto tří hledisek je vyvozována velikost výstupní jazykové proměnné – kvality výrobku. Vstupní jazykové proměnné mají tři jazykové hodnoty, výstupní jazyková proměnná má jazykových hodnot pět. Definice proměnných jsou uvedeny v následující podkapitole<sup>19</sup>.

---

<sup>18</sup> Pokorný, M.: *Umělá inteligence v modelování a řízení*. s 56

<sup>19</sup> MATLAB – *The MathWorks-MATLAB and Simulink for Technical Computing*. [online]. [cit. 2014-01.10]. Dostupné z: <http://www.mathworks.com>.

## 4.1 Deklarace proměnných

### Vstupní proměnné

Kvalita výrobků	KVA,	hodnoty Nízká NIZ, Střední STR, Vysoká VYS
Cena výrobku	CENA,	hodnoty Nízká NIZ, Střední STR, Vysoká VYS
Spolehlivost výrobku	SPO,	hodnoty Nízká NIZ, Střední STR, Vysoká VYS

### Výstupní proměnná

Vhodnost dodavatele	VHO,	hodnoty Nevhodná NEV, Dostatečná DOS, Průměrná PRU, Vhodná VHO, Velmi vhodná VVH
---------------------	------	---

### Parametry fuzzy množin jazykových hodnot proměnných

Vstupní proměnné	NIZ [0, 0, 50], STR [0, 50, 50, 100], VYS [50, 100, 100],
Výstupní proměnná	NEV [0, 0, 25], DOS [0, 25, 25, 50], PRU [0, 50, 50, 75], VHO [50, 75, 75, 100], VVH [75, 100, 100]

## 4.2 Deklarace pravidel báze znalostí

Pravidla báze znalostí mají tvar IF-THEN s trojnásobným antecedentem a jednoduchým konsekventem. Všechny kombinace velikostí jazykových hodnot vstupních proměnných tvoří množinu 27 antecedentů, k nimž jsou přiřazeny odpovídající jazykové hodnoty konsekventů. Pravidla jsou v tabelární formě uvedeny v Tab. 2.

Jako příklad je uvedena interpretace prvního pravidla:

IF (KVA is NIZ) and (CENA is NIZ) and (SPO is NIZ) THEN (VHO is DOS)

Pravidla jsou zformulována autorem bakalářské práce.

<b>Č</b>	<b>Kva</b>	<b>Cen</b>	<b>Spo</b>	<b>Vho</b>
1	Niz	Niz	Niz	Dos
2	Niz	Niz	Stř	Vho
3	Niz	Niz	Vys	Vvh
4	Niz	Stř	Niz	Dos
5	Niz	Stř	Stř	Dos
6	Niz	Stř	Vys	Vho
7	Niz	Vys	Niz	Nev
8	Niz	Vys	Stř	Dos
9	Niz	Vys	Vys	Dos
10	Stř	Niz	Niz	Pru
11	Stř	Niz	Stř	Vho
12	Stř	Niz	Vys	Vvh
13	Stř	Stř	Niz	Dos
14	Stř	Stř	Stř	Pru
15	Stř	Stř	Vys	Vho
16	Stř	Vys	Niz	Nev
17	Stř	Vys	Stř	Dos
18	Stř	Vys	Vys	Pru
19	Vys	Niz	Niz	Vho
20	Vys	Niz	Stř	Vho
21	Vys	Niz	Vys	Vvh
22	Vys	Stř	Niz	Dos
23	Vys	Stř	Stř	Vho
24	Vys	Stř	Vys	Vho
25	Vys	Vys	Niz	Dos
26	Vys	Vys	Stř	Pru
27	Vys	Vys	Vys	Vho

**Tab. 2** Pravidla báze znalostí

## 5 Implementace expertního systému

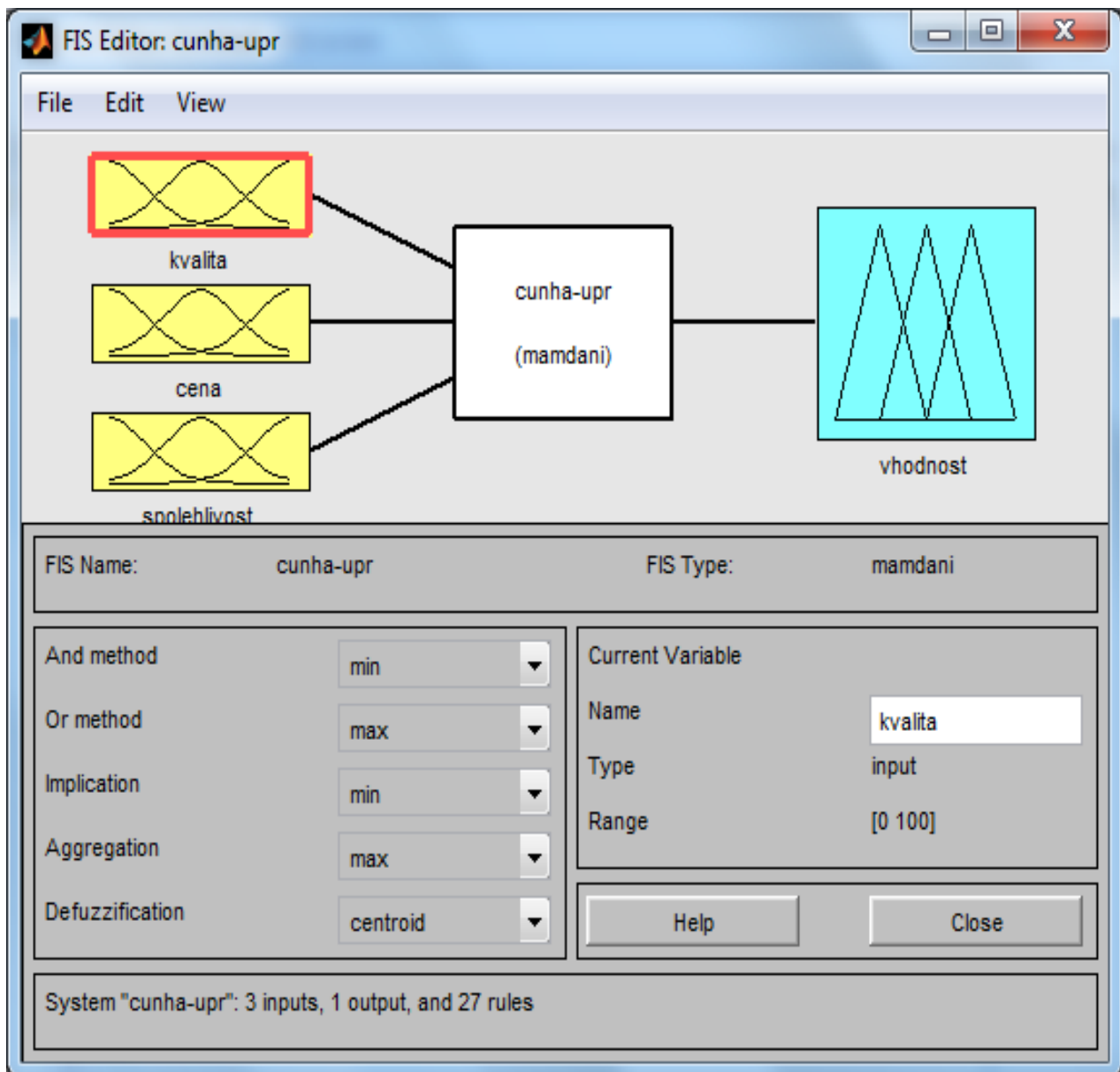
Expertní systém pro podporu rozhodování o vhodnosti dodavatele byl implementován v prostředí programu pro editaci fuzzy systémů MATLAB – Fuzzy ToolBox. V tomto prostředí byl také systém odladěn a byly provedeny simulace jeho funkce.

### 5.1 Struktura systému

Na Obr. 6 je uvedeno okno pro editaci struktury systému se třemi vstupními jazykovými proměnnými a jednou jazykovou proměnnou výstupní. Je uvedeno podokno pro editaci funkcí příslušnosti jazykových hodnot.

V levém spodním podoknu jsou nastaveny parametry vyvozovacího algoritmu Mamdani. Použitá fuzzy konjunkce *and* mezi dílčími fuzzy výroky v antecedentech je vyhodnocována jako minimum (*min*), fuzzy implikace mezi antecedenty a konsekventy pravidel je vyhodnocována jako Mamdaniho implikace (minimum), fuzzy logická spojka mezi pravidly modelu je fuzzy disjunkce vyhodnocovaná jako maximum (*max*) a defuzzifikace je provedena metodou těžiště (Center of Gravity – *centroid*). Tak je nastavena inference typu Mamdani.

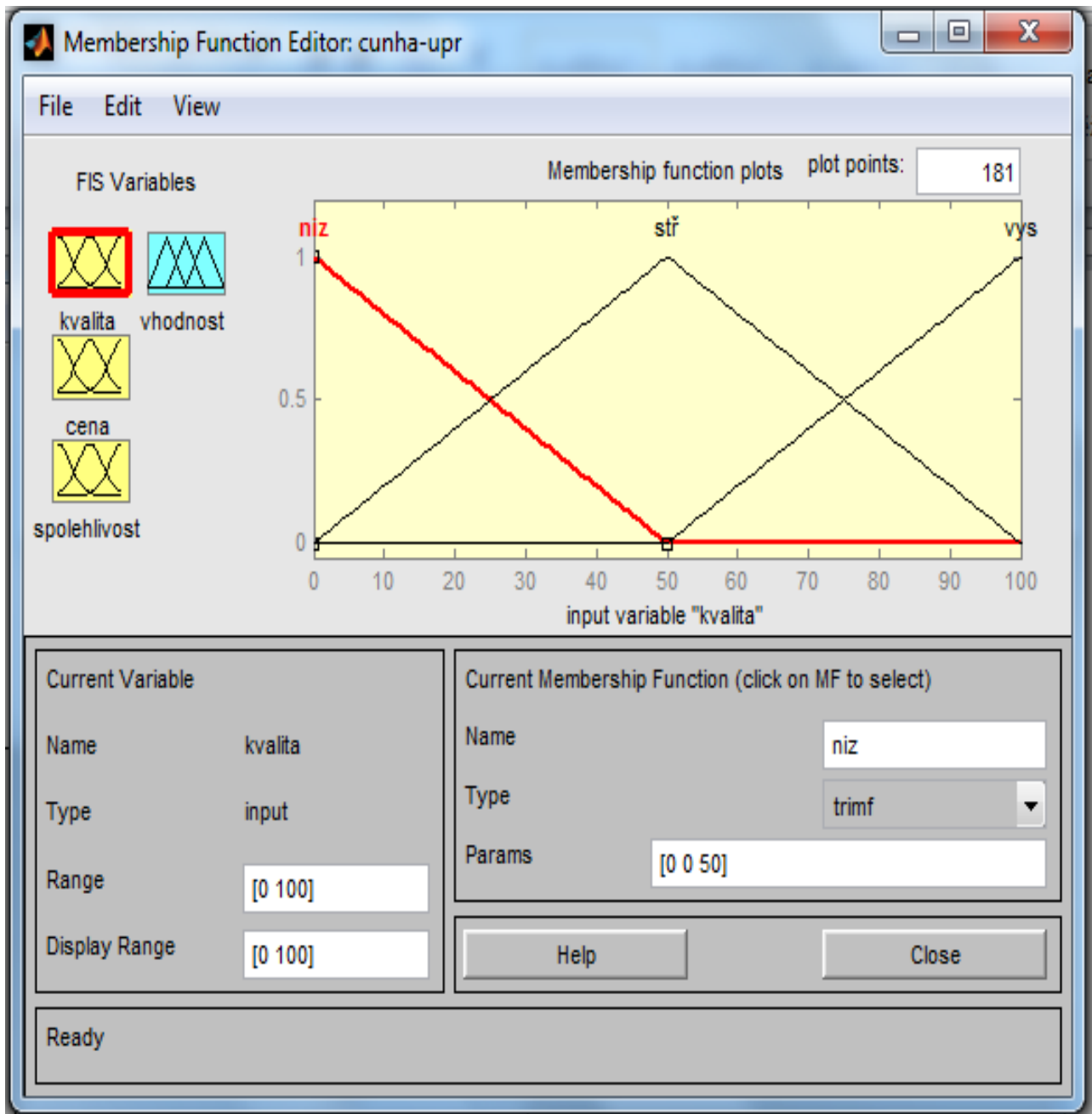




**Obr. 6** Okno struktury systému (v programu MATLAB-FuzzyTool Box)

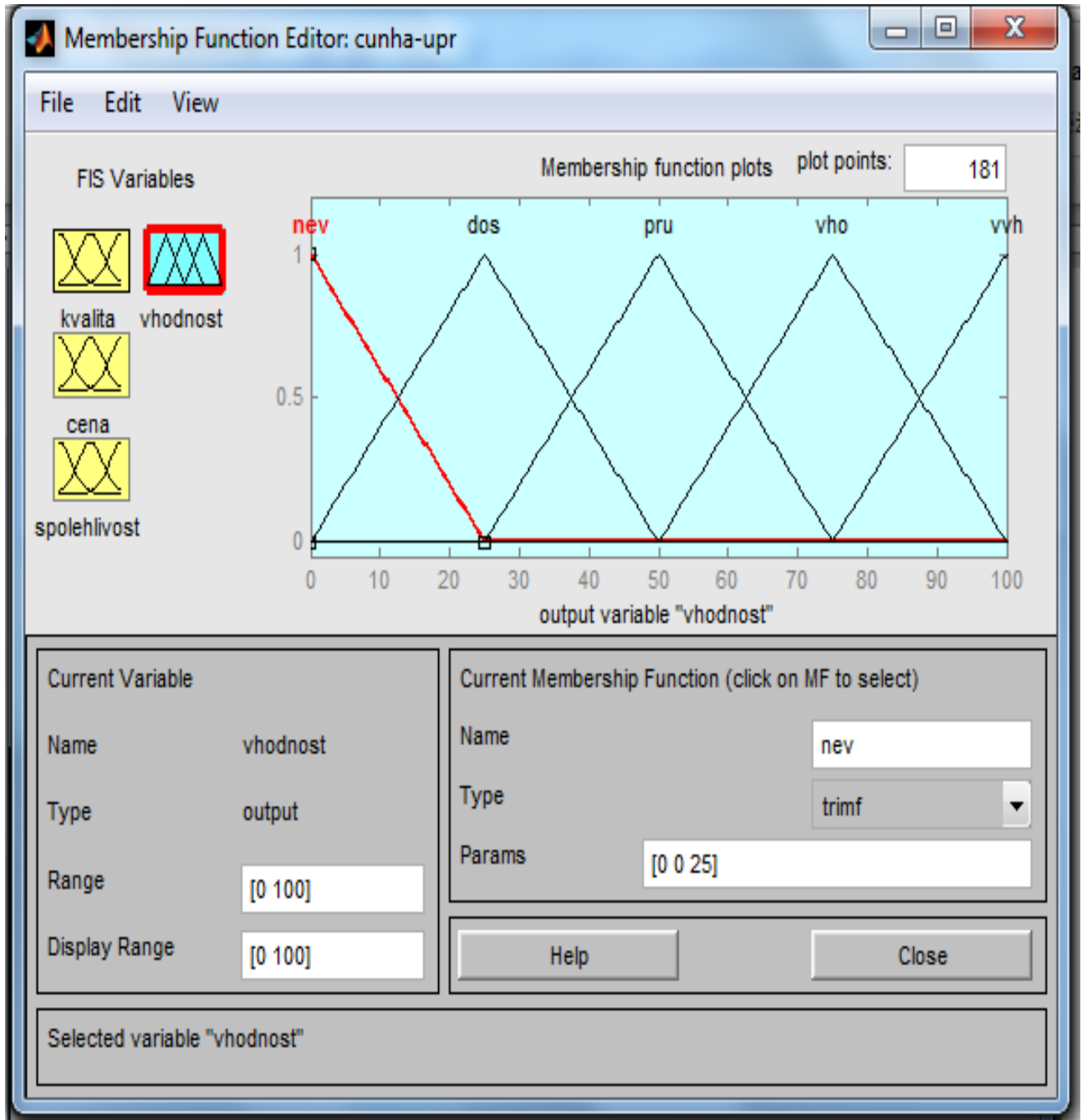
## 5.2 Editace funkcí příslušnosti hodnot jazykových proměnných

Na obrázku Obr. 7 jsou nastaveny a vykresleny trojúhelníkově aproximované funkce jazykových hodnot – nastavena vstupní jazyková proměnná KVALITA. Funkce příslušnosti jejích jazykových hodnot jsou definovány na normovaném univerzu  $\langle 1,100 \rangle$ . V editačním podoknu parametrů funkcí příslušnosti jsou uvedeny parametry aktuálně nastavené hodnoty NIZ  $[0, 0, 50]$ .



Obr. 7 Okno editace vstupních jazykových proměnných

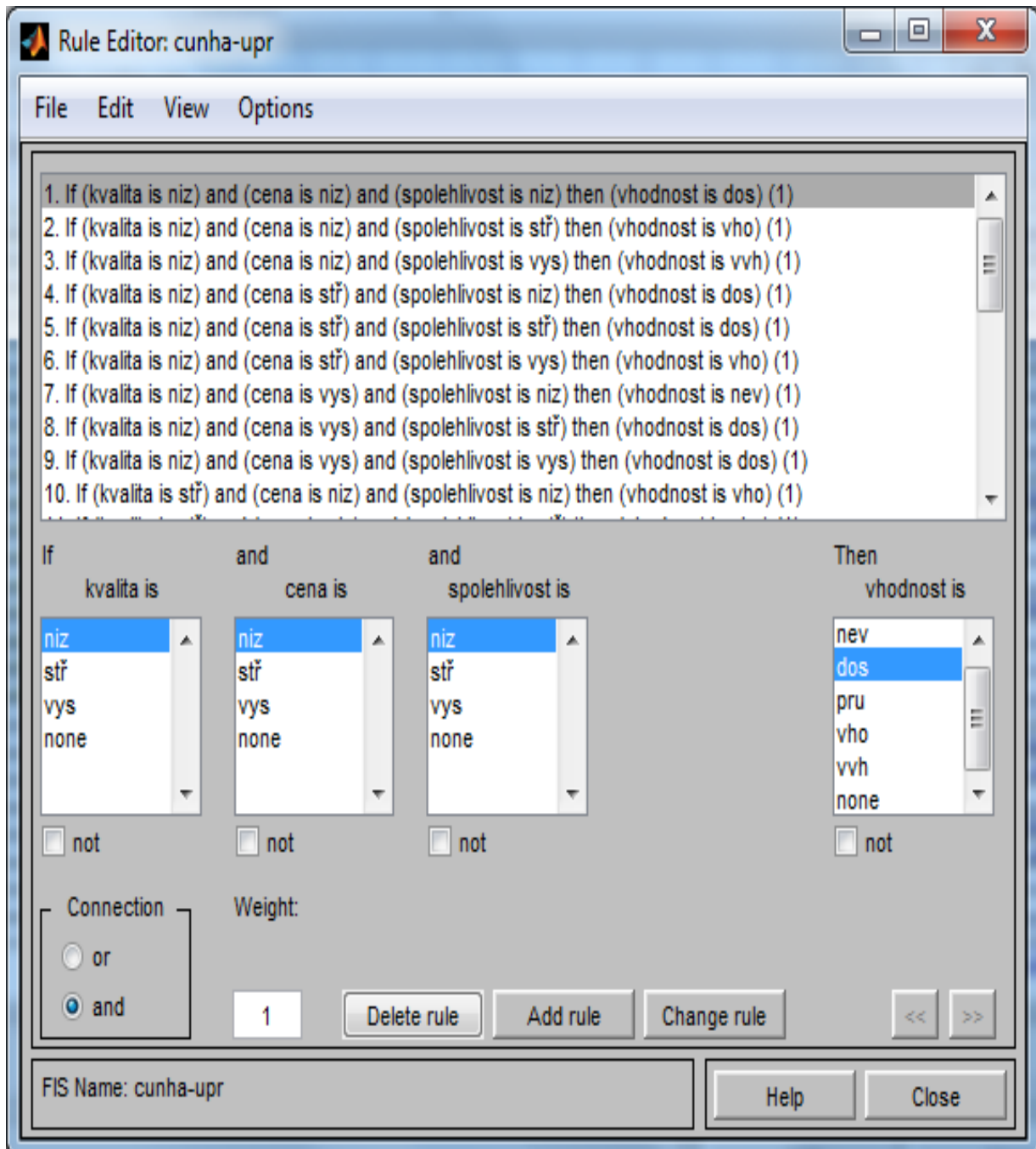
Na Obr. 8 je uvedeno okno pro editaci funkcí příslušnosti jazykových hodnot výstupní proměnné modelu. Proměnná má 5 jazykových hodnot, formalizovaných jako trojúhelníkové fuzzy množiny. Na obrázku je nastavena aktuální hodnota NEV s parametry [0, 0, 25]. Hodnoty jsou definovány opět na normovaném univerzu  $\langle 0, 100 \rangle$ .



**Obr. 8** Okno editace výstupní jazykové proměnné

### 5.3 Editace pravidel báze znalostí

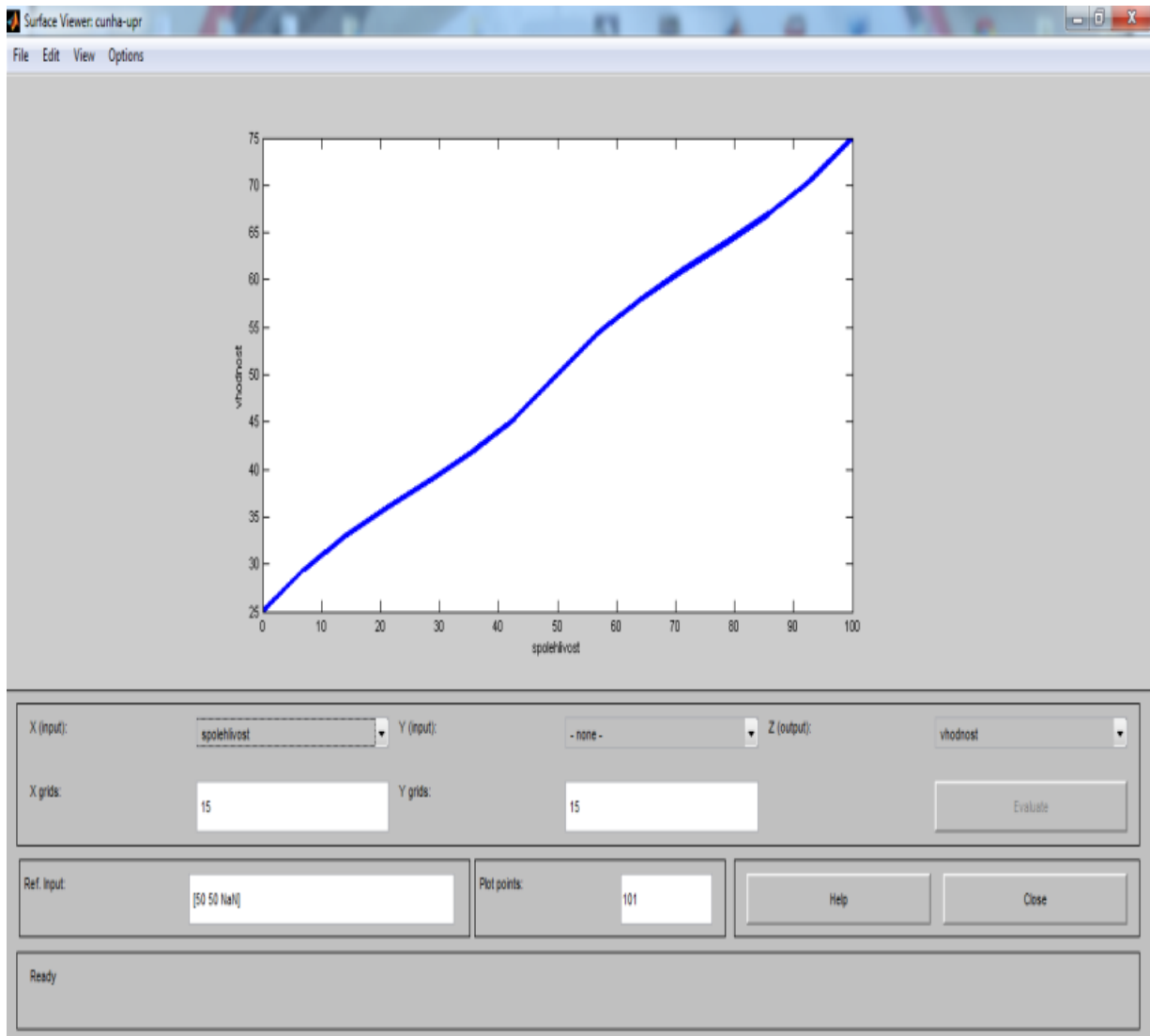
Báze znalostí expertního systému je sestavena z IF-THEN pravidel, uvedených v Tab. 2. Pravidla jsou vložena do systému s použitím editačního okna Obr. 13. Úplná báze znalostí obsahuje 27 pravidel, v okně na Obr. 9 je uvedeno prvních deset.



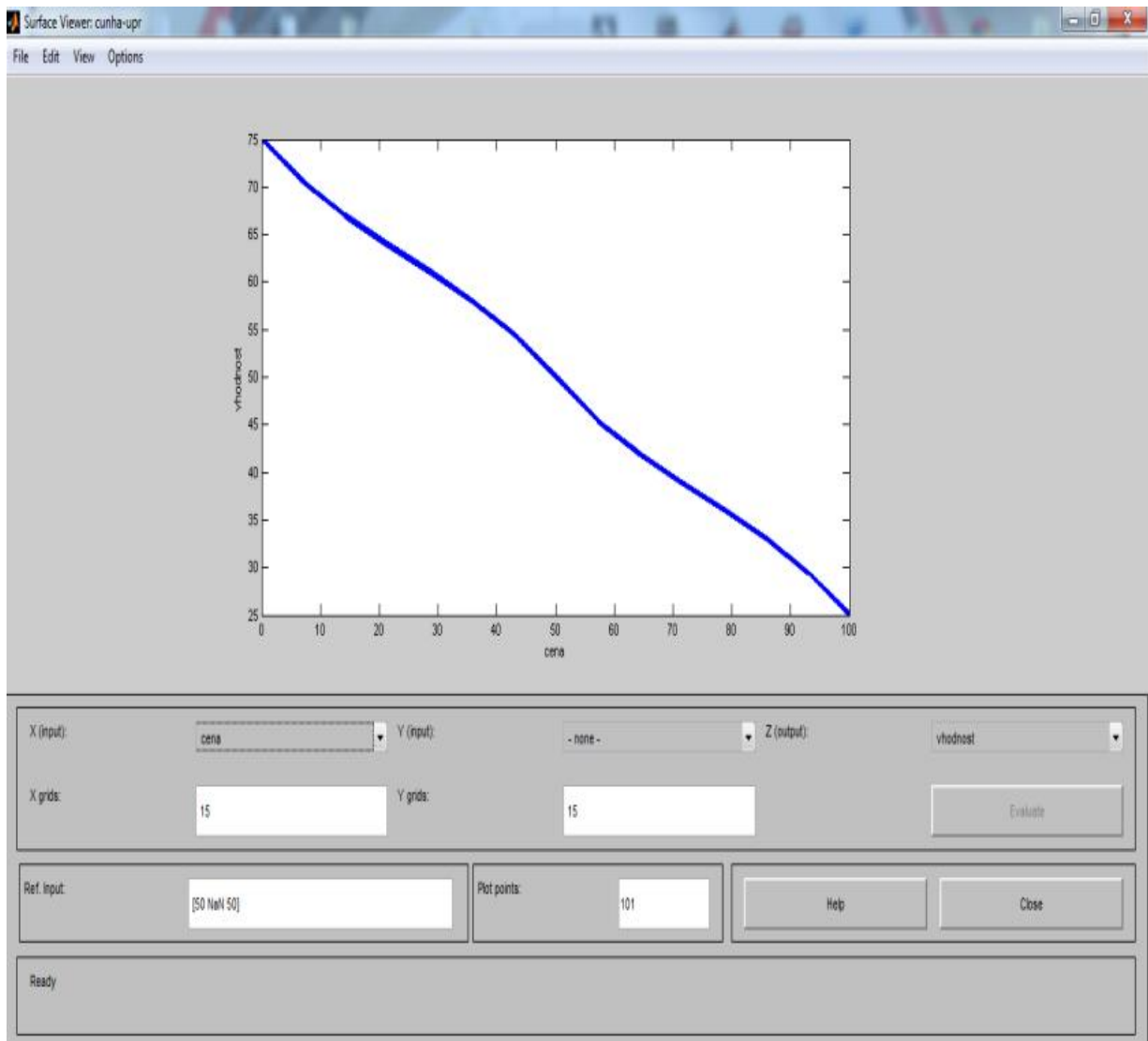
Obr. 9 Okno editace pravidel báze znalostí

## 6 Grafické závislosti velikosti výstupní proměnné na proměnných vstupních

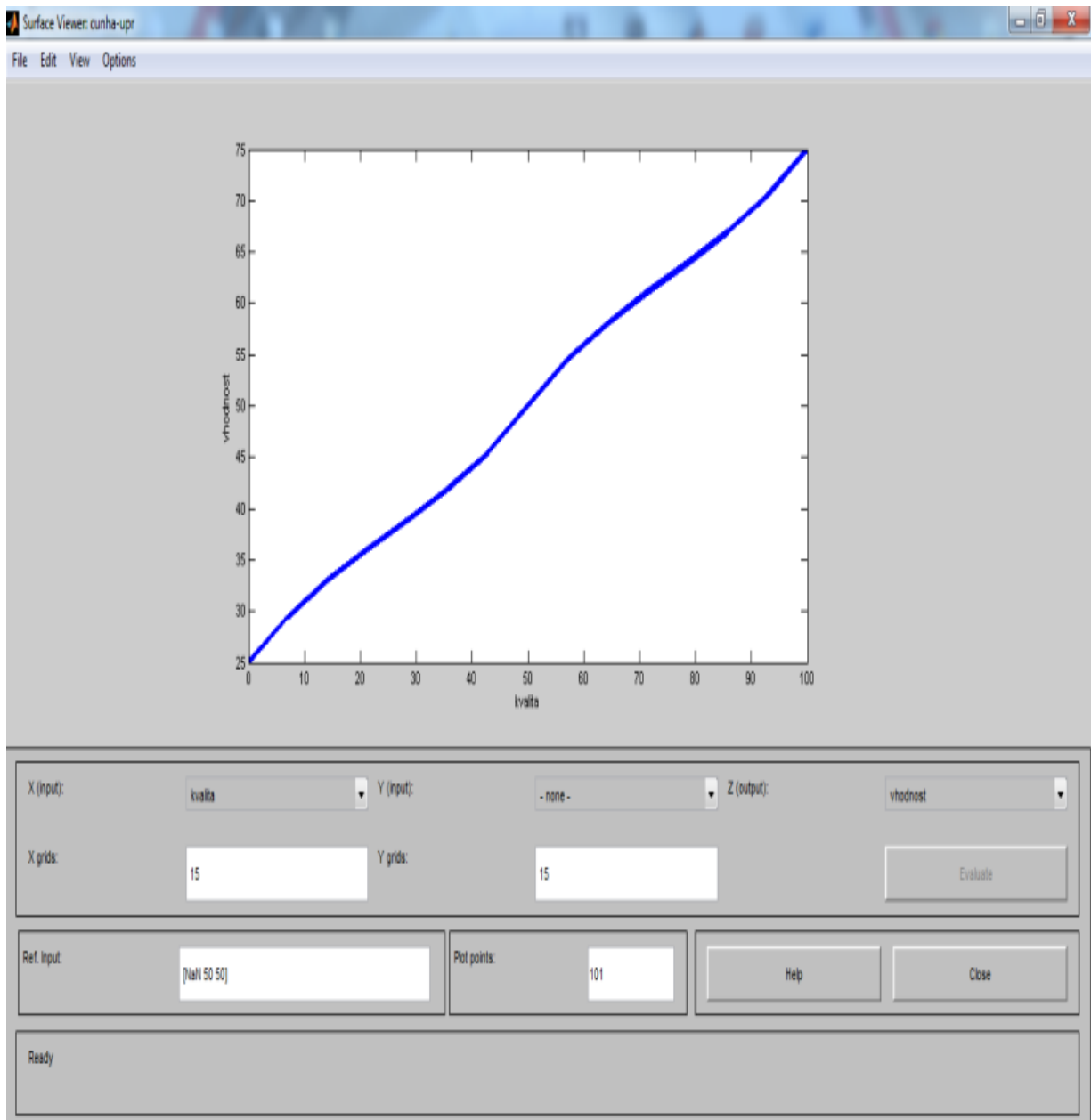
Model pro stanovení vhodnosti dodavatele je jazykový, pomocí simulací lze však graficky znázornit závislost velikosti výstupní proměnné VHO na jednotlivých vstupních proměnných. Takové závislosti jsou uvedeny na Obr. 7 až Obr. 9.



**Obr. 10** Závislost VHO = f(KVA)



**Obr. 11** Závislost VHO = f (CENA)



**Obr. 12** Závislost VHO = f(KVA)

Závislost velikosti výstupní proměnné na velikosti proměnných vstupních odpovídají předpokladům a potvrzují dobré odladění modelu.

## 7 Simulace funkce systému

Správnost funkce expertního systému byla kontrolována simulačními pokusy. Simulační okno systému je uvedeno na Obr. 13.

V prvním pokusu byly na stupnici [0 - 100] nastaveny vstupní hodnoty, odpovídající dodavateli **spíše nevhodného**:

$$\text{KVA} = 20$$

$$\text{CENA} = 80$$

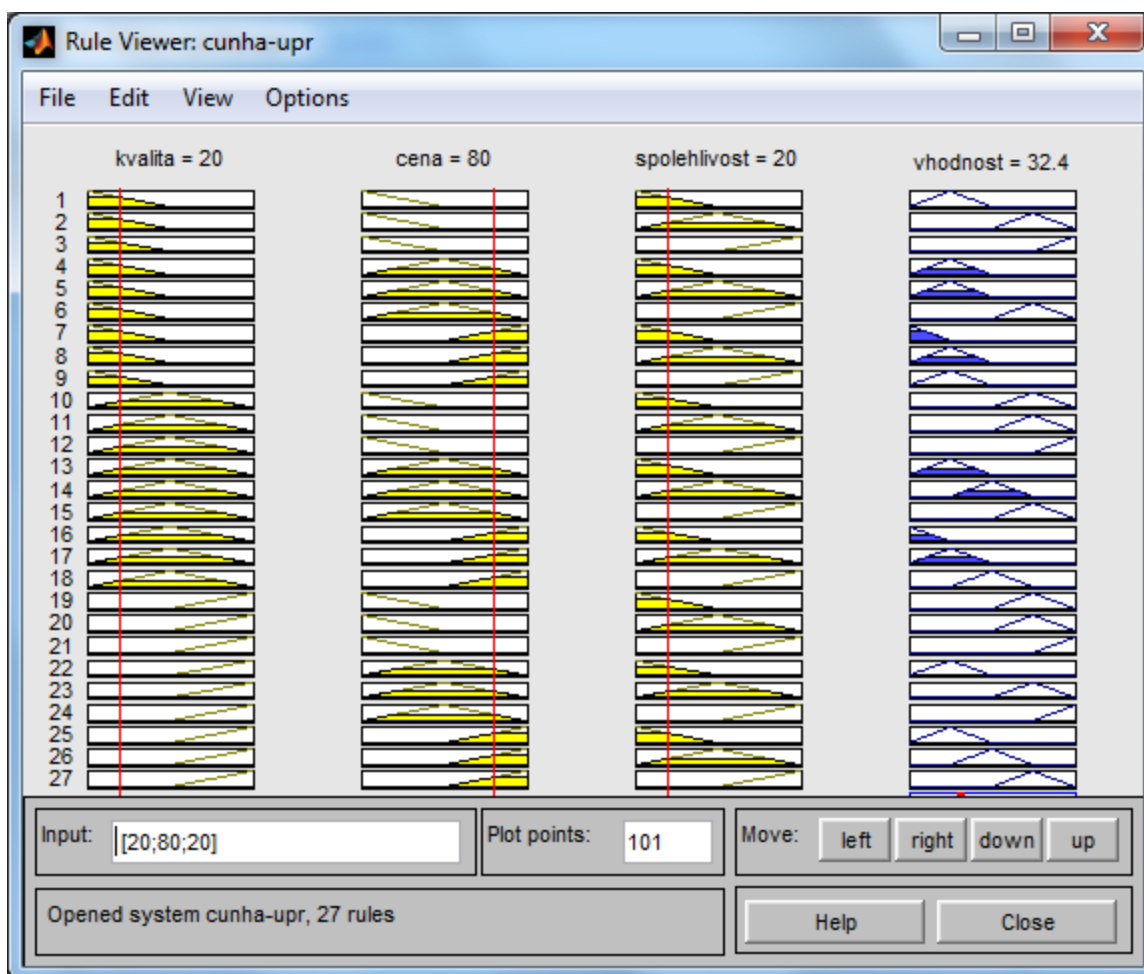
$$\text{SPO} = 20$$

Simulace je uvedena na Obr. 13. Pro stanovení odpovědi bylo využito 8 aktivních pravidel, hodnota výsledku na stupnici [0 - 100] je

$$\text{VHO} = 32,4$$

což odpovídá předpokladu.





**Obr. 13** Simulace dodavatele spíše nevhodného

V druhém pokusu byly na stupnici [0 - 100] nastaveny vstupní hodnoty, odpovídající dodavateli **spíše vhodného**:

KVA = 80

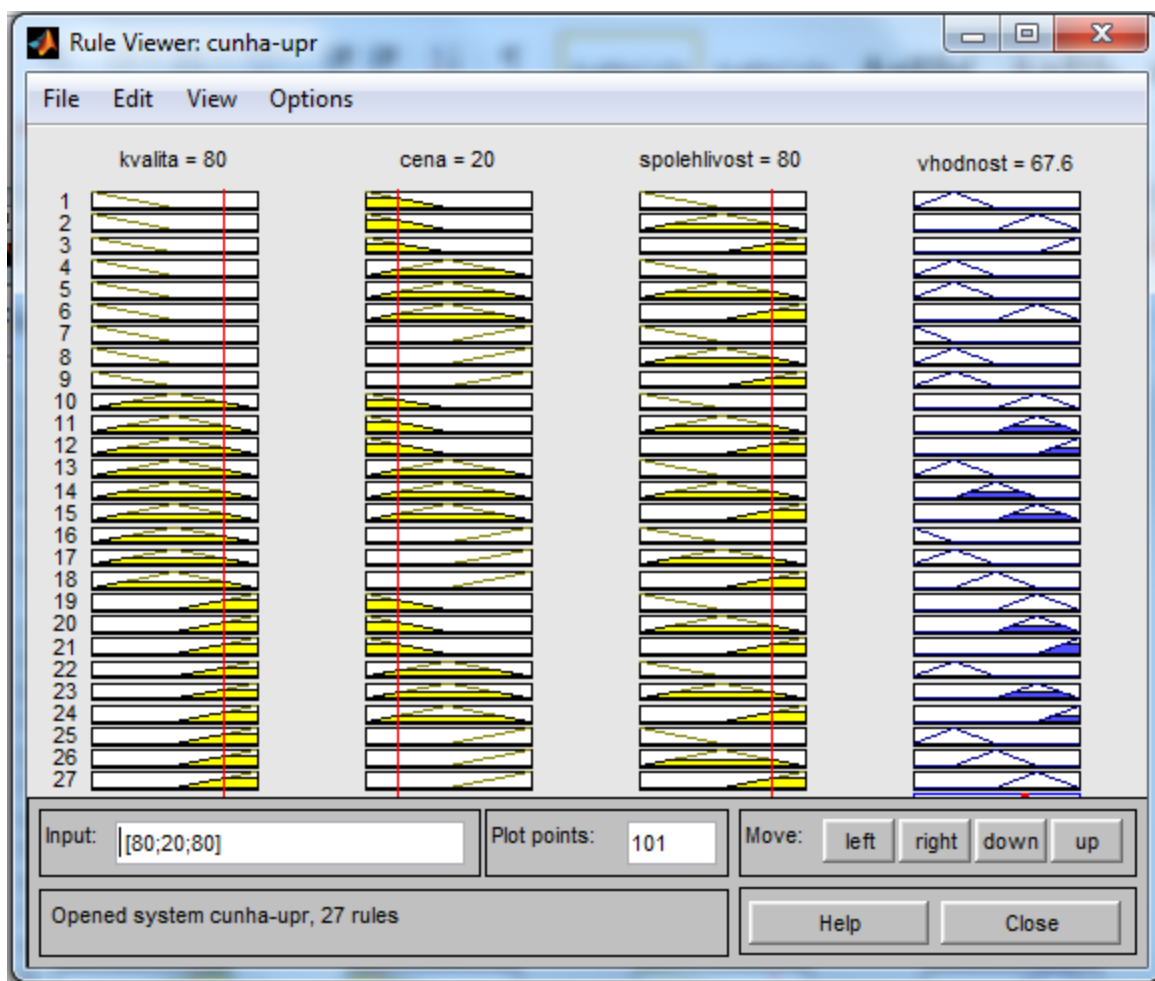
CENA = 20

SPO = 80

Simulace je uvedena na Obr. 14. Pro stanovení odpovědi bylo využito 8 aktivních pravidel, hodnota výsledku na stupnici [0 - 100] je

**VHO = 67,6**

což odpovídá předpokladu.



**Obr. 14** Simulace dodavatele spíše vhodného

Simulační pokusy potvrdily správnost funkce systému. Výsledky odpovídají odhadu experta (autora báze znalostí).

## 8 Závěr

Tato práce mne seznámila s hlubšími teoriemi manažerských rozhodování a prohloubil jsem své znalosti Fuzzy Expertního systému. V současnosti vidím, že manažerské rozhodování není tak elementární, jak se mnohým lidem z laické společnosti může jevit.

Závěrem své bakalářské práce také považuji za důležité zdůraznit, že lidská intuice v manažerských rozhodovacích procesech mnohdy nestačí a může být spíše neefektivní, protože zdání leckdy klame. Vymodelovaný Fuzzy Expertní systém, který jsem navrhnul a zpracoval, dokáže díky výpočtům na běžném kancelářském počítači určit výsledky za zlomek vteřiny, což je také velkou výhodou Fuzzy Expertního systému, zatímco kdyby podobné postupy používal člověk ve svém nitru, mohl by nad výsledky přemýšlet příliš dlouho a byla by zde vysoká pravděpodobnost vzniku chyby výpočtu nebo intuitivního řešení.

V případě, že by někdo chtěl na tuto práci navazovat a tento Fuzzy Expertní systém rozšířit, nevidím v tom žádný problém. Práce je zpracována tak, aby žádná z jejích částí nebyla „černou skříňkou“ a všechny její části byly zřejmé.

## **Anotace**

<b>Příjmení a jméno autora:</b>	Emiliano da Cunha
<b>Instituce:</b>	Moravská vysoká škola Olomouc
<b>Název práce v českém jazyce:</b>	Fuzzy expertní systém pro podporu manažerského rozhodování
<b>Název práce v anglickém jazyce:</b>	Fuzzy Expert System for Business Decisions
<b>Vedoucí práce:</b>	Prof. Dr. Ing. Miroslav Pokorný
<b>Počet stránek:</b>	41
<b>Počet příloh:</b>	0
<b>Rok obhajoby:</b>	2014
<b>Klíčová slova v českém jazyce:</b>	Proces rozhodování, fáze rozhodování, expertní systémy, fuzzy množiny, fuzzy logika, simulace.
<b>Klíčová slova v anglickém jazyce:</b>	Decision-making process , decision-making stage , expert system , fuzzy sets, fuzzy logic, simulation.

## **Anotace**

Bakalářská práce je zaměřena do oblasti využití pokročilých systémů umělé inteligence v řešení rozhodovacích úloh. Kvalita manažerských rozhodnutí je dána jak dokonalou profesionální znalostí oblasti rozhodování, tak schopnostmi manažera danými především jeho dlouhodobou praxí, zkušenostmi a osobními heuristikami. Manažer se rozhoduje podle svého mentálního modelu.

Počítačová formalizace mentálního modelu předpokládá řešení problému počítačové formalizace expertních znalostí a vytvoření logických algoritmů, které by operacemi nad těmito znalostmi vyvozovaly rozhodnutí. Práce představuje principy expertních systémů, které jsou k tomuto účelu určeny. Uvádí základy využití fuzzy množin a fuzzy logiky pro konstrukci expertního systému a představuje návrh expertního systému pro rozhodování o kvalitě dodavatele. Systém je implementován v programovém prostředí MATLAB. Kvalita systému je prokázána simulačními pokusy.

### **Annotation**

The thesis is focused in the use of advanced artificial intelligence systems in solving decision problems. Quality management decisions is given as a perfect professional knowledge of decision-making and executive powers given mostly by its long-standing practice , experience and personal heuristics . The manager decides according to his mental model. Computer formalization mental model proposed solution to the problem of computer formalization of expert knowledge and the creation of logical algorithms that operations knowledge gathered over these decisions. The work introduces the principles of expert systems, which are designed for this purpose . Presents the basics of using fuzzy sets and fuzzy logic expert system design and presents the proposal of an expert system for determining the quality of the supplier. The system is implemented in MATLAB. The quality is demonstrated by simulation experiments.

## 9 Seznam zkratek

FL – fuzzy logika

KVA – kvalita

CEN – cena

SPO- spolehlivost

VHO - vhodný

NEV - nevhodný

PRU – průměrný

VVH – velmi vhodný

STR - střední

DOST - dostatečný

VYS – vysoký

COF – center of gravity

## 10 Seznam obrázků a tabulek

**Obr. 1** Typy rozhodnutí, problém, postup a příklad

**Obr. 2** Struktura expertního systému

**Obr. 3** Funkce příslušnosti fuzzy čísla - b

**Obr. 4** Jazykové proměnné vstupních veličin

**Obr. 5** Vyvození tvaru výstupní fuzzy množiny  $V^*$

**Obr. 6** Okno struktury systému (v programu MATLAB-FuzzyTool Box)

**Obr. 7** Okno editace vstupních jazykových proměnných

**Obr. 8** Okno editace výstupní jazykové proměnné

**Obr. 9** Okno editace pravidel báze znalostí

**Obr. 10** Závislost VHO = f (KVA)

**Obr. 11** Závislost VHO = f (CENA)

**Obr. 12** Závislost VHO = f (KVA)

**Obr. 13** Simulace dodavatele spíše nevhodného

**Obr. 14** Simulace dodavatele spíše vhodného

**Tab. 1** Rozhodnutí: problém, postupy a příklad (vlastní zpracování)

**Tab. 2** Pravidla báze znalostí

## 11 Seznam použity literatury

- [1] FOTR, Jiří a Lenka ŠVECOVÁ. *Manažerské rozhodování: postupy, metody a nástroje*. 2., přeprac. vyd. Praha: Ekopress, 2010. ISBN 978-80-86929-59-0.
- [2] DOSTÁL, Petr. *Pokročilé metody manažerského rozhodování: konkrétní příklady využití metod v praxi*. 1. vyd. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-1338-1.
- [3] PETERSON, Martin. *An introduction to decision theory*. 1st pub. New York: Cambridge University Press, 2009. ISBN 978-052-1716-543.
- [4] GROS, Ivan. *Kvantitativní metody v manažerském rozhodování*. 1.vyd. Praha, 2003, 432 s. ISBN 80-247-0421-8.
- [5] NÖLLKE, Matthias. *Rozhodování: jak činit správná a rychlá rozhodnutí*. Praha, c2003, 108 s. ISBN 80-247-0411-0.
- [6] KEŘKOVSKÝ, Miloslav. *Strategické řízení firemních informací: teorie pro praxi*. Vyd. 1. Praha: C. H. Beck, 2003. ISBN 80-717-9730-8
- [7] HINDLS, Richard. *Analýza dat v manažerském rozhodování*. 1. vyd. Praha, 1999, 358 s. ISBN 80-716-9255-7.
- [8] ŠULEŘ, Oldřich. 1. vyd. Praha [i. e. Brno]: Computer Press, 2008, x, 240 s. ISBN 978-80-251-2316-4
- [9] ŠULEŘ, Oldřich. *5 rolí manažera a jak je profesionálně zvládnout*. 1. vyd. Praha [i. e. Brno]: Computer Press, 2008. ISBN 978-80-251-2316-4.
- [10] KOMINÁCKÁ, Jitka. *Prostorově orientované systémy pro podporu manažerského rozhodování*. 1. vyd. Praha: C. H. Beck, xv, 141 s. ISBN 978-80-7179-463-9.
- [11] MAŘÍK, V. *Umělá inteligence (2)*, ACADEMIA Praha, 1997, ISBN 80-200-0504-8
- [12] POKORNÝ, M. *Umělá inteligence v modelování a řízení*. BEN Praha. 1996. ISBN 80-901984-4-9
- [13] NOVÁK, Vilém. *Základy fuzzy modelování*. BEN Praha, 2000, ISBN 80-7300-009-1
- [14] MAŘÍK, Vladimír. *Umělá inteligence 2*. Praha: Academia, 373 s. ISBN 80-200-0504-8.



## 12 Internetové zdroje

[1] [online]. [cit. 2014-02-23]. Dostupné z: <http://www.businessvize.cz/rizeni-a-optimalizace/uvod-do-manazerskeho-rozhodovani>

[2] [online]. [cit. 2014-02-23]. Dostupné z: <http://www.innosupport.net/index.php?id=2173&L=8>

[3] MATLAB – *The MathWork-MATLAB and Simulink for Technical Computer*. [online]. [cit. 2014-01-10]. Dostupné z: <http://www.mathworks.com/>