

MORAVSKÁ VYSOKÁ ŠKOLA OLMOUC

Ústav informatiky a aplikované matematiky

Michaela Kafková

**Fuzzy-logické expertní systémy pro podporu rozhodování
v managementu**

Fuzzy-logic Decision-Making Support Systems in Management

Bakalářská práce

Vedoucí práce: prof. Dr. Ing. Miroslav Pokorný

Olomouc 2017

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jen uvedené informační zdroje. Prohlašuji, že odevzdaná tištěná verze bakalářské práce se shoduje s elektronickou verzí vloženou do IS/STAG.

Olomouc

podpis

Tímto bych chtěla poděkovat prof. Dr. Ing. Miroslavovi Pokornému za odborné vedení, vstřícnost a cenné rady, kterých se mi dostávalo při psaní této bakalářské práce.

Moravská vysoká škola Olomouc
Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michaela Kafková**
Osobní číslo: **M14128**
Studijní program: **B6208 Ekonomika a management**
Studijní obor: **Management a ekonomika ve veřejném sektoru**
Název tématu: **Fuzzy-logické expertní systémy pro podporu rozhodování
v vmanagementu**
Téma anglicky: **Fuzzy-logic Decision-Making Support Systems in
Management**
Zadávací katedra: **Ústav informatiky a aplikované matematiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je návrh, dedikace, odladění a testování vybraného prázdného fuzzy-logického expertního systému. Dedikace je zaměřena do oblasti podpory rozhodování v soudních řízeních. V práci bude provedeno zhodnocení současného stavu rozhodování a zdůvodněno řešení s podporou programových nástrojů umělé inteligence. Autorka bude využívat aktuální informační zdroje (tištěné odborné publikace, odborné časopisy, internet apod.).

Struktura práce:

- vymezení cílů práce
- analýza současného stavu problému, přehled možných řešení, jejich zhodnocení a volba konkrétního postupu
- popis navrženého řešení, jeho implementace, ladění a testování programového systému
- vyhodnocení a vypracování závěru práce.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

WEISBURD,D.,BRITT,CH. Statistics in Criminal Justice. Springer, 2014.
ISBN 978-1-4614-9170-5

NOVÁK,V. Základy fuzzy modelování. BEN Praha, 2000. ISBN 80-7300-009-1

POKORNÝ,M. a kol. Nekonvenční metody řešení ekonomických a manažerských úloh. Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-4218-1

http://www.law.muni.cz/sborniky/dny_prava_2009/files/prispevky/rozhodci_rizeni/Orgonik_Dostal.pdf

Vedoucí bakalářské práce:

Prof. Dr. Miroslav POKORNÝ

Ústav informatiky a aplikované matematiky

Datum zadání bakalářské práce: **8. února 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31. března 2017**


Podpis studenta: Datum: 12. 5. 2016

Podpis vedoucího práce: Datum: 16. 9. 2016


Mgr. Irena KOVAČIČINOVÁ
prorektorka

L.S.




Mgr. Veronika ŘÍHOVÁ, Ph.D.
manažer ústavu

V Olomouci dne 11. dubna 2016

Obsah

Úvod.....	7
1. Teoretické principy řešené problematiky	9
1.1 Umělá inteligence	9
1.2 Základní charakteristika expertních systémů	10
1.3 Základy jazykového modelování	12
1.3.1 Pravidlové modely	12
1.3.2 Fuzzy množiny	13
1.3.3 Fuzzy modely a fuzzy inference	14
2. Expertní systém v soudní praxi.....	18
2.1 Luhmannova systémová teorie práva	18
2.2 Využití fuzzy logických expertních systémů v soudní praxi	19
2.3 Právní pohled na funkci navrhovaného expertního systému	21
2.4 Návrh struktury fuzzy modelu	24
3. Implementace expertního systému.....	26
4. Simulační ověření funkce expertního systému	29
Závěr	34
Anotace	35
Literatura a prameny	36
Seznam obrázků.....	38
Seznam příloh	39
Přílohy.....	40

Úvod

Tématem předložené bakalářské práce jsou fuzzy-logické expertní systémy pro podporu rozhodování, vhodné k použití v soudní praxi.

V první části práce bude stručně vysvětlena teorie expertních systémů, umělé inteligence, základy fuzzy logiky a fuzzy množin. Podpora rozhodování s využitím výpočetní techniky vyžaduje vývoj systémů, které budou při rozhodování o řešení složité úlohy dosahovat stejně kvalitních výsledků, jako expert v daném oboru. Předpokládá to počítačovou formalizaci expertova mentálního modelu a vývoj algoritmů, které nad takovou počítačovou formalizací operují a vyvozují závěry z daných vstupních dat. Metody a prostředky pro realizaci takových systémů je vědní obor umělá inteligence.

Podstatnou skutečností je fakt, že lidské mentální modely nejsou numerické, nýbrž jazykové, slovní. Odpovídající počítačové jazykové modely využívají k popisu chování soustavy slov a vět přirozeného jazyka. Důležitou vlastností počítačových jazykových modelů je schopnost využít jejich neurčitosti k dosažení vyšší kvality odhadů stejně jako v případě experta. Pro formalizaci neurčitosti významu slov se využívají prostředky fuzzy množinové matematiky, pro tvorbu vyvozovacích algoritmů pak přístupů fuzzy vícehodnotové lingvistické logiky.

V práci bude vysvětlena informační technologie fuzzy logických expertních systému jako rozhodovací podpora pro právní sféru. Důležitým aspektem práce je tedy zvážení toho, zda a za jakých podmínek mohou soudy použít fuzzy expertní systémy jako pomocný nástroj.

Následující část bude věnována vymezení hlavní řešené otázky po právní stránce, dále zde budou zmíněny expertní systémy pro podporu rozhodování v oblasti práva, které v soudním rozhodování v zahraničí reálně fungují, nastíněna bude také otázka možného nahrazení soudců stroji schopnými rozhodování v jistých oblastech. Dojde tak ke zhodnocení současného stavu rozhodování a zdůvodnění řešení založené na použití programových nástrojů umělé inteligence.

Poslední a stěžejní část práce bude zahrnovat navržené řešení problému a jeho implementaci, dojde k ladění a testování programového systému. Hlavním cílem práce je tedy navržení, dedikace, doladění a následné testování vybraného prázdného fuzzy-logického expertního systému.

Simulační pokusy budou expertně posouzeny a vyhodnoceny. Výsledky budou podkladem pro posouzení platnosti výzkumné hypotézy:

„Expertní systém je schopen nalézt takové řešení složité úlohy, které odpovídá řešení zkušeným expertem v daném oboru.“

Výsledky práce mohou být následně navrženy pro reálné využití v praxi, nejméně jako podpůrné východisko pro konečné stanovisko soudu. V závěru práce budou uvedeny možnosti dalšího rozvoje systému ve smyslu jeho zdokonalení a zvýšení kvality odhadů.

1. Teoretické principy řešené problematiky

1.1 Umělá inteligence

Za zakladatele znalostních systémů je považován americký vědec Edward Albert Feigenbaum (nar. 1936), který se pohyboval na poli umělé inteligence a počítačových věd. V současnosti působí jako emeritní profesor na Stanfordské univerzitě v Kalifornii, kde se podílel na založení Laboratoře znalostních systémů.¹ E. A. Feigenbaum považuje expertní systémy za počítačové programy, které simulují rozhodovací aktivitu člověka při řešení komplikovaných úloh, přičemž hlavním smyslem je dosažení stejné kvalitativní úrovně systému, jako by úlohu řešil člověk (expert).² Kvalita rozhodnutí člověka je závislá na jeho inteligenci a mentálních schopnostech, tyto aspekty je nutné přenést do počítačových programů. Pokud řeší úlohu stroj, dostáváme se do oblasti umělé inteligence.

Umělá inteligence byla formálně pojmenována a vymezena jako samostatná vědní disciplína v roce 1956, když následně prošla třemi vývojovými fázemi. V první fázi v 50. a 60. letech 20. století docházelo k vývoji základních nástrojů umělé inteligence, např. stále hojně užívaný jazyk umělé inteligence LIPS (Logical Inferences Per Second/počet logických vyvození za vteřinu) či GPS systém (General Problem Solving/prostředek pro řešení problémů). Druhé fázi vývoje umělé inteligence, tedy 70. letům minulého století, bývá přezdíváno období skepse a stagnace. V této fázi došlo k poklesu podpory výzkumu umělé inteligence, díky redukci finančních prostředků tak bylo velké množství projektů zcela zastaveno. Přesto právě z této doby pochází expertní systémy jako je DENDRAL (1971), MYCIN (1976), PROSPECTOR (1978) i stále využívaný programovací jazyk PROLOG (1975). Třetí etapa umělé inteligence je datována do 80. let 20. století, kdy opět dochází k nárůstu zájmu o tuto vědní disciplínu a jsou vydávány odborné publikace, vzniká odborné názvosloví, je rozvíjen japonský projekt počítačů 5. generace. V současné době zaujímá umělá inteligence pevné místo na poli vědy, výzkumné laboratoře jsou součástí mnohých akademických pracovišť i univerzit po celém světě, praktické výstupy jsou aplikovány v praxi různých oborů.³

¹ Biography of Edward Feigenbaum, *Computer History Museum*, <<http://www.computerhistory.org/fellowawards/hall/bios/Edward,Feigenbaum>>.

² POKORNÝ, M. a KRIŠOVÁ, Z. *Znalostní systémy*, s. 1-2.

³ POKORNÝ, M. a KRIŠOVÁ, Z. *Znalostní systémy*, s. 3-4.

Přestože termín umělé inteligence nebyl nikdy zcela přesně charakterizován, existuje mnoho různých definicí. Jednou z nich je Minského definice: „*Umělá inteligence je věda o vytváření strojů nebo systémů, které budou při řešení určitého úkolu užívat takového postupu, který, kdyby to dělal člověk, bychom považovali za projev jeho inteligence.*“⁴ Počítače samotné nelze považovat za inteligentní, zmiňované znalosti mohou stroje získat buď přímo od člověka, nebo vlastní analýzou problému (úkolu). Jinou formulaci předkládá Kotkova definice: „*Umělá inteligence je vlastnost člověkem uměle vytvořených systémů vyznačujících se schopností rozpoznávat předměty, jevy a situace, analyzovat vztahy mezi nimi, a tak vytvářet vnitřní modely světa, ve kterých tyto systémy existují, a na tomto základě pak přijímat účelná rozhodnutí, za pomoci schopností předvídat důsledky těchto rozhodnutí a objevovat nové zákonitosti mezi různými modely a jejich skupinami.*“⁵ Další vysvětlení podává Richova definice: „*Umělá inteligence se zabývá tím, jak počítačově řešit úlohy, které dnes zvládají lidé lépe.*“⁶ Z definice tedy vyplývá zaměření umělé inteligence na zvládnutí doposud pouze člověkem řešenými úlohami strojem, s ohledem na soudobý stav počítačové techniky.

1.2. Základní charakteristika expertních systémů

Jak již bylo naznačeno, můžeme expertní systémy charakterizovat jako počítačové systémy, které slouží k hledání řešení problémů v rámci jistého souboru tvrzení nebo seskupení znalostí, jež byly vyjádřeny experty pro konkrétní oblast aplikace. Hlavním smyslem těchto systémů je tedy podpora rozhodování při řešení komplikovaných otázek. Znalostní systémy řeší tyto základní třídy problémů: interpretaci, predikci, diagnostiku, konstruování, plánování, monitorování, ladění, či opravování, učení nebo např. řízení.⁷

Ústředním cílem znalostních systémů je jejich snaha dostat úsudku, který by měl za stejné situace člověk, tedy expert v konkrétní oblasti. Znalosti člověka, pro potřeby expertních systémů označované jako tzv. **báze znalostí**, jsou pro tvorbu správně

⁴ Umělá inteligence: eLearningová opora k předmětu Umělá inteligence 1, *Umělá inteligence I*, <<https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/index.pl?opora=2068>>.

⁵ Srov. tamtéž.

⁶ Srov. tamtéž.

⁷ POKORNÝ, M. a KRIŠOVÁ, Z. *Znalostní systémy*, s. 11-12.

fungujícího systému zcela základní složkou. Tyto báze, tedy znalosti jsou úzce spojeny s druhou složkou těchto inteligentních systémů, tedy s tzv. řídicími mechanismy, tedy jakousi strategií pro použití znalostí. V případě znalostí je pak dále nutné poukázat na to, že je lze dělit na znalosti objektivní a subjektivní. Subjektivní znalosti, někdy též zvané heuristické vychází z dlouholeté praxe a zkušeností člověka-experta pohybujícího se na poli určité oblasti. Znalosti daných expertů nejsou v žádném případě rigidní, naopak se v čase mění a vyvíjejí. Typickým znakem báze znalostí je tak její otevřenost, která umožňuje přijetí nových znalostí, a naopak vyloučení znalostí již nepotřebných tedy neefektivních. Bázi znalostí je možné charakterizovat jako soustavu obecných rozhodovacích pravidel, souhrn veškerých údajů, které se týkají konkrétního příkladu je pak považován za tzv. **bázi dat**. Předpokladem fungování expertního systému je pak skutečnost, že vykazuje některé rysy, které jsou vlastní samotnému expertovi. Tím není myšleno nic jiného než schopnost systému zpracovávat i nejistoty v bázi znalostí i dat. Dalším společným rysem je pak to, že expert i expertní systém by měli být schopni zdůvodnit obhájit svá stanoviska.⁸

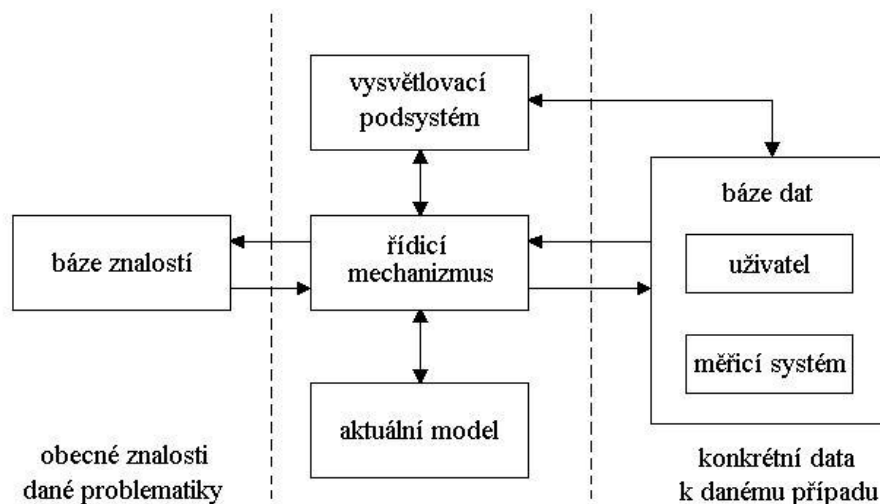
Rozlišujeme expertní systémy diagnostické, plánovací a hybridní. Tato práce je zaměřena zejména na použití systému diagnostického, který na základě interpretace dat určí, která z předem stanovených hypotéz se nejvíce shoduje s daty daného případu.⁹ Pokud se tedy v našem případě budeme pohybovat v rovině práva, resp. civilního soudního řízení, půjde o to, které z nabízených řešení zvolit s ohledem na skutkový stav případu. Tímto způsobem je tak možné dojít k co nejvíce efektivnějšímu a spravedlivému způsobu řešení sporů.

Diagnostický expertní systém řeší daný případ tak, že postupně hodnotí jednotlivé dílčí dispozice. Architektura takového systému je tvořena z řídicího mechanismus, jenž „*operacemi nad **bází znalostí** na základě aktuálních dat (dotazu) upřesňuje (aktualizuje) obecný model a vyvozuje **odpověď** (závěr).*“ K aktualizaci přitom dochází na základě vstupu konkrétních dat specifického případu. Vysvětlovací podsystém slouží k tomu, aby podal informace o postupu, na základě kterého došlo ke konkrétnímu závěru.¹⁰

⁸ POKORNÝ, M. a KRIŠOVÁ, Z. *Znalostní systémy*, s. 13-14.

⁹ Srov. tamtéž, s. 14.

¹⁰ Srov. tamtéž, s. 14-15.



Obr. 1: schéma diagnostického expertního systému¹¹

Systém vyvozuje závěry z daných vstupních dat metodou fuzzy inference, která je dále popsána v kap. 1.3.3.

1.3 Základy jazykového modelování

1.3.1 Pravidlové modely

Znalosti jsou v počítači uloženy pomocí vět a slov přirozeného jazyka ve standardní formě podmíněných pravidel, vyvozovací procedury jsou reprezentovány algoritmy s fuzzy-logickými operacemi (inferenční nebo řídicí mechanismus)¹². Jazykové modely využívají k reprezentaci znalostí o chování systémů standardních pravidel typu JESTLIŽE – PAK (anglicky IF – THEN).

Uvažujme fragment expertního jazykového modelu závislosti zisku na výši ceny výrobku, kvalitě výrobku a velikosti konkurence na trhu. Nechť takový model zahrnuje mj. takovou znalost:

V situaci, kdy kvalita výrobku je nízká, cena výrobku je vysoká a konkurence je vysoká, lze očekávat zisk velmi nízký.

Označme tři vstupní jazykové proměnné modelu *Kvalita výrobku (KV)*, *Cena výrobku (CV)* a *Velikost konkurence (KO)*, jejich jazykové hodnoty (které budeme

¹¹ POKORNÝ, M. a KRIŠOVÁ, Z. *Znalostní systémy*, s. 14.

¹² NOVÁK, V. *Základy fuzzy modelování*, s. 87-95.

pro formalizaci naší znalosti v počítači uvažovat) *Vysoká (VYS)* a *Nízká (NIZ)* u ceny výrobku a konkurence, *Vysoká (VYS)*, *Nízká (NIZ)* a *Střední (STR)* u kvality výrobku. Výstupní jazykovou proměnnou označme identifikátorem *ZI* a její potřebné jazykové hodnoty *Velmi nízký (VN)*, *Nízký (NI)*, *Střední (ST)*, *Vysoký (VY)* a *Velmi vysoký (VV)*. Uvedená znalost bude v jazykovém fuzzy modelu formalizována IF-THEN pravidlem, které bude mít tvar:

IF (*KV* is *NI*) and (*CV* is *VYS*) THEN (*Z* is *VN*)

Úplný popis závislosti zisku na kvalitě výrobku, jeho ceně a velikosti konkurence obsahuje soubor dvanácti pravidel, uvádějící velikost zisku pro všechny kombinace jazykových hodnot všech tří vstupních proměnných.

Pro formalizaci jazykových hodnot svých jazykových proměnných používají jazykové modely fuzzy množin.

1.3.2 Fuzzy množiny

Stupeň příslušnosti (náležení) prvku univerza U do klasické množiny A ¹³ je dán funkcí γ_A , kde

$$\gamma_A : U \rightarrow [0,1].$$

Její velikost může nabývat dvou hodnot:

- stupeň příslušnosti 0 – prvek do množiny A (plně) nenáleží,
- stupeň příslušnosti 1 – prvek do množiny A (plně) náleží.

V převážné většině praktických případů lze však jen obtížně tvrdit, že určitý prvek do určité množiny náleží či nenáleží. I když prvek nese dominantní znaky vlastností prvků určité množiny A , může ve více méně 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 náležení či nenáležení prvku do určité množiny zavedeme pojem částečného náležení prvku do množiny. Jde zřejmě o zobecnění pojmu stupně příslušnosti, kdy rozšíříme definiční obor jeho hodnot ze dvou diskrétních (0, 1) na uzavřený interval $\langle 0,1 \rangle$.

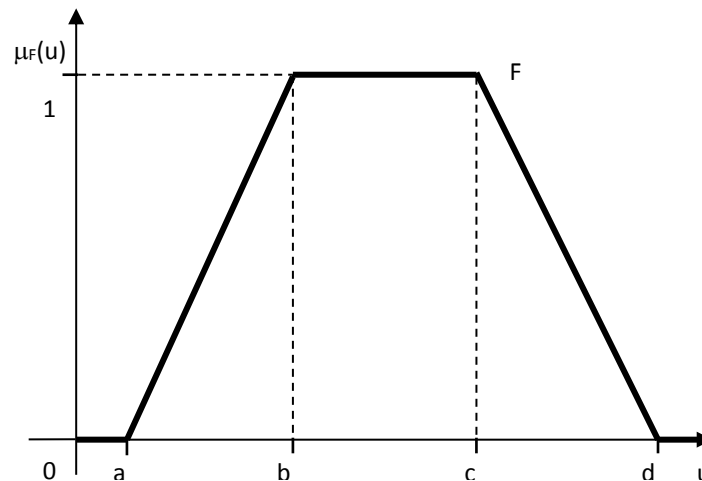
¹³ NOVÁK, V. *Fuzzy množiny a jejich aplikace*, s. 28-30.

Množiny, které umožňují definovat velikost stupně náležení prvků podle tohoto vztahu, se nazývají fuzzy množiny¹⁴.

Praktické použití fuzzy množin vyžaduje analytické vyjádření jejich funkce příslušnosti funkce $\mu_F(u)$:

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

V praxi používáme nejčastěji jejich aproximaci lomenými přímkami (Obr. 2).



Obr. 2: Lichoběžníková aproximace funkce příslušnosti¹⁵

1.3.3 Fuzzy modely a fuzzy inference

Uvažujme soustavu s dvěma vstupními a jednou výstupní proměnnou¹⁶. Tuto soustavu budeme modelovat s využitím fuzzy modelu Mamdani, který bude mít dvě vstupní a jednu výstupní jazykovou proměnnou. Všechny proměnné, necht' 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*.

R₁: IF (x_1 is *MALÝ*) and (x_2 is *VELKÝ*) THEN (y is *MALÝ*)

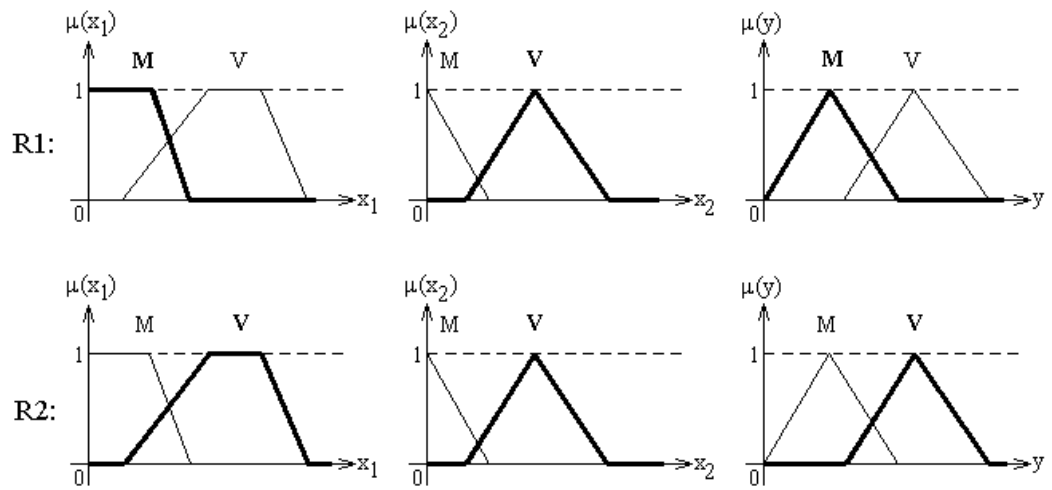
R₂: IF (x_1 is *VELKÝ*) and (x_2 is *VELKÝ*) THEN (y is *VELKÝ*)

¹⁴ NOVÁK, V. *Fuzzy množiny a jejich aplikace*, s. 28-30.

¹⁵ Srov. tamtéž.

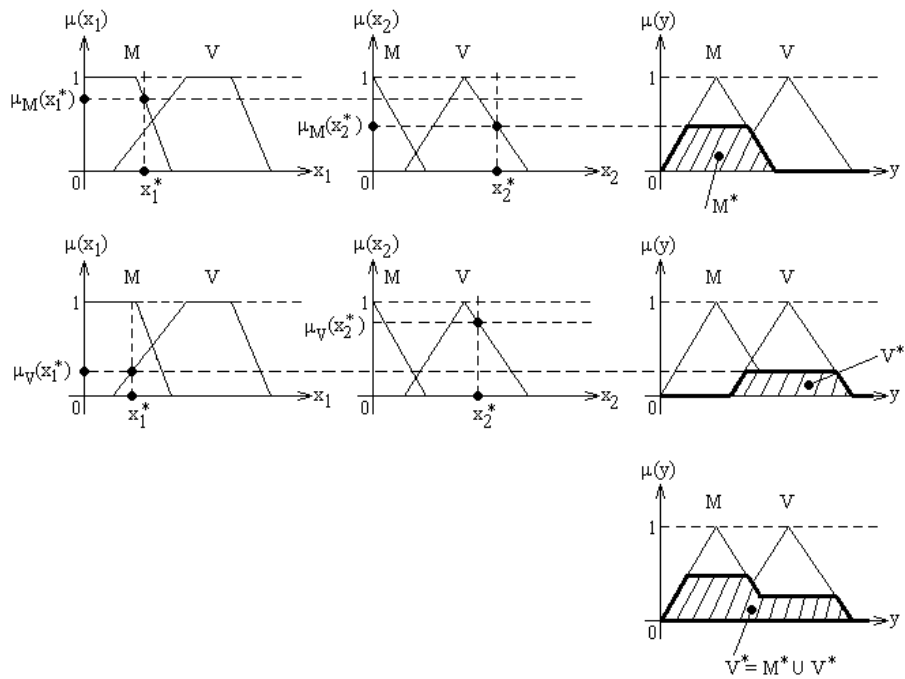
¹⁶ NOVÁK, V. *Základy fuzzy modelování*, s. 69-84.

Jazykové proměnné vstupních veličin x_1 a x_2 a výstupní veličiny y jsou nakresleny na obrázku Obr. 3, který současně reprezentuje graficky obě pravidla modelu.



Obr. 3: Grafické znázornění pravidel¹⁷

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



Obr. 4: Grafické znázornění metody Mamdaniho vyzovování¹⁸

¹⁷ NOVÁK, V. *Základy fuzzy modelování*, s. 69-84.

¹⁸ Srov. tamtéž.

Stanovení tvaru výsledné fuzzy množiny výstupní proměnné y při uvažování (dosazení) konkrétních hodnot vstupních proměnných x_1 a x_2 postupujeme podle obrázku Obr. 4 takto:

1. dosazované konkrétní hodnoty vstupních proměnných jsou označeny

$$x_1^* \text{ a } x_2^*.$$

- 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 $\mu_V(x_2^*)$.

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 výstup prvního pravidla.

3. 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 $\mu_V(x_2^*)$.

4. 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.

5. 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*“.

V mnohých případech je nutné, aby výstupem expertního systému bylo ostré číslo. V takové situaci se naskytá otázka, jakým způsobem nahradit jazykovou interpretaci výstupní fuzzy množiny obyčejným číslem – jedinou numerickou hodnotou z univerza. K tomuto účelu lze použít několik variantních procedur, nazývaných procedury defuzifikace.

Metoda středu plochy (metoda těžiště) je nejčastěji používanou metodou defuzifikace. Pro spojitě, resp. diskrétní univerzum U platí pro stanovení u^* vztahy

$$u^* = \frac{\int_U u \cdot \mu(u) \cdot du}{\int_U \mu(u) \cdot du},$$

kde symbol integrálu označuje obyčejný integrál (plochu).

Prakticky významná je skutečnost, že se nenumerický slovní fuzzy model chová (uvažujeme-li jej jako černou skříňku) stejně jako konvenční model matematický – vstupní proměnné mohou mít tvar čísel a také výstupní hodnota může mít číselný tvar. Procedura, jíž se vstupní číselné proměnné transformují do formy, kterou fuzzy model vyžaduje, se nazývá fuzzifikace. Výstupem fuzzy modelu je sice fuzzy množina – tu však lze v případě potřeby opět transformovat do formy obyčejného čísla procedurou defuzifikace.

2. Expertní systém v soudní praxi

2.1 Luhmannova systémová teorie práva

Mezi významného německého právního teoretika, sociologa a filozofa patří mimo jiné Niklas Luhmann (1928-1998). Ten v jedné ze svých knih nazvané „*Právo společnosti*“ pokládá základy systémové teorie práva. Luhmann zde tvrdí, že společenské systémy není možné chápat jako mechanismy, ale mluví o jejich podobě s živými organismy, čímž navazuje na autopoietickou koncepci chilských molekulárních biologů H. Maturana a F. Varela. Luhmann dále vychází z názorů T. Parsona, který tvrdil, že společenské systémy reálně existují a je potřeba z nich vycházet. Autopoiézi jako takovou je možné definovat jako pojem snažící se vystihnout pravou povahu systémů, které není možné vyložit z vnějších příčin, jelikož vznikají a udržují se nezávisle na okolí.¹⁹

Autopoiézi je možné vysvětlit na známém příkladu, kdy starý beduín sepsal závěť, ve které odkazuje své dědictví svým třem synům. Svých jedenáct velbloudů chce rozdělit vzhledem k radosti, kterou prožíval při narození synů, a to tím způsobem, že nejstarší získá polovinu pozůstalosti, prostřední čtvrtinu a nemladší šestinu. Po smrti beduína se synové v otázce dědictví nemohou dohodnout, a tak jdou za soudcem. Soudce rozhodne, že dědicům půjčí jednoho velblouda, následkem čehož bude dělení o mnoho snazší, nejstarší získá velbloudů šest, prostřední tři a nejmladší dva. Luhmann si v souvislosti s uvedeným příkladem klade otázku, zda bylo půjčení jednoho velblouda opravdu nutné, zda musí být půjčený velbloud reálný, či zda nám postačí fikce nebo zda funguje velbloud jakožto jakási legitimizace. Luhmann se tak na příkladu snaží ukázat, že právo je autopoietickým (uzavřeným, seberefrenčním) systémem. Systém je tak dle něj reprezentován uzavřenou jednotou reálně existujících vztahů a operací, které existují bez ohledu na to, zda chceme nebo nechceme, tyto se dále utvářejí a produkují, tedy vymezují vůči okolnímu světu. To lze demonstrovat na výše uvedeném příkladu, kdy v případě, že máme rodiče, tak se stáváme dědici jejich majetku, tudíž se skutečně jedná o reálně existující vztah. Seberefrenční povahu systému pak lze vnímat jako fakt, že se vztahuje sám k sobě, potvrzuje, co k němu náleží a vylučuje, co k němu nepatří.

¹⁹ MACHALOVÁ, T. *Systémová teorie práva*, s. 7-8.

Systémová teorie vychází ze základní diferenciaci systému a jeho okolí, pokud by tedy neexistoval např. ne-právní sociální svět, pak by neexistovalo ani právo samotné.²⁰

Luhmann dále tvrdí, že to, čím je systém utvářen, jsou nikoli jeho části, nýbrž operace, prostřednictvím nichž systém plní určité funkce. Zde pak rozlišuje mezi systémy autopoietickými a systémy allopoietickými. Mezi allopoietické systémy Luhmann řadí systémy, na jejichž tvorbě se podílí lidé, konkrétněji ve své práci mluví o robotech, strojích apod.²¹

Luhmann své teorie zakládá na tom, že pomocí jednotlivých procedur nedochází k nalezení objektivní pravdy, ale že procedury prostřednictvím rozhodování tvoří vlastní formální pravdy. Tyto pravdy pak účastníci buď přijmou nebo odmítnou. V dnešní době se obecně pracuje s tím, že procedury nám garantují jakousi nestrannost, objektivitu, nezaujatost, čímž se snaží dojít k nalezení spravedlnosti. Skutečnosti, které jsou materiálně stanoveny jako správné, není možné objektivně určit, tudíž je vyžadováno stanovení jistých kritérií rozhodování.²²

2.2 Využití expertních systémů v soudní praxi

Debaty ohledně toho, zda mohou být (nejen) soudci v budoucnosti nahrazeni stroji (roboty) se ve světě objevuje již velmi dlouho, otázkou však zůstává, nakolik je tato myšlenka reálná. V současné době patrně ještě není doba natolik uzpůsobena, aby výše uvedené mohlo v celé míře fungovat, přesto je dle mého názoru možné do rozhodovací praxe postupně zařazovat systémy napomáhající soudnímu rozhodování. Přínos takovýchto systémů by totiž zcela jistě nebyl zanedbatelný, ba naopak by mohl výrazně zefektivnit (zrychlit) celý soudní proces. Účelné užití těchto systémů by mělo vést k nápomoci jednotlivým soudcům, aby se rychleji a lépe zorientovali v dané oblasti sporu. Soudci by tak do předpřipraveného systému pouze zadali základní skutkové informace, přičemž by následně od systému obdrželi určitý výsledek, který by mohl (ale také nemusel) být základem jejich konečného rozhodnutí. Jedním ze systémů, který již na tomto principu reálně funguje, je izraelský systém²³, který podporuje soudce v tom, aby byli co nejvíce objektivní v případě, kdy hodnotí trestní rejstřík obviněného. Tento

²⁰ MACHALOVÁ, T. *Systémová teorie práva*, s. 9-11.

²¹ Srov. tamtéž, s. 16.

²² Srov. tamtéž, s. 30.

²³ KANNAI, R. a SCHILD, U. J. *Intelligent Computer Evaluation of Offender's Previous Record*.

system funguje tak, že do něj soudce vloží onen trestní záznam obviněného a systém následně vyhodnotí, do jaké míry má soudce brát rejstřík jakožto přítěžující okolnost v daném řízení. Systém zkoumá například podobnost minulé trestné činnosti s činností aktuálně rozhodovanou, zda pachatel trestné činy páchá opakovaně a v jaké míře, zda se jedná o zvlášť závažné činy či zda a v jakém množství páchá přestupky. Jako druhý příklad je možné uvést fungující australský systém²⁴, který soudci pomáhá v případech dělení majetku při rozvodu manželů.

Výše uvedené systémy soudům pomáhají v konkrétních věcech, nikoli v právním řízení jako celku, většinou se také jedná o otázky základního charakteru, nikoli věci ojedinělé či mající zvláštní význam. V oblasti práva zatím expertní systémy fungují pouze velmi ojediněle, v jiných vědních disciplínách se však jejich užití pomalu stává pravidlem. Typickou oblastí, ve které jsou fuzzy systémy v současnosti využívány, je management, dále pak například medicína či stavebnictví. Mimo systémy, které mají pomáhat soudcům při jejich rozhodovacím procesu existují také systémy, jichž je využíváno zejména v rozhodčím řízení, oblasti veřejné správy či při policejním vyšetřování. Systémy je možné také dělit podle oblasti práva, kterou se zabývají, od práva rodinného a pracovního až k odvětvím veřejnoprávním, tedy právu mezinárodnímu či trestnímu.

Mimo výše uvedené systémy řešící pouze konkrétní otázku jsou fuzzy systémy použitelné i k řešení celé právní otázky. Příkladem nám může být australský systém, který na základě skutkového stavu říká, který trest by měl být odsouzenému uložen.

Teorie v současné době rozlišuje tři možné typy právních systémů pro podporu rozhodování, a to systémy založené na případech, pravidlech a strojovém učení. Případový systém je takový systém, který obsahuje databázi podobných případů, ke kterým se následně snaží připodobnit aktuální kauzu. Systém založený na pravidlech je možné charakterizovat jako systém, který funguje na základě základního fuzzy pravidla „jestliže-pak“. Třetí ze systémů připomínající neuronové sítě v mozku je založen na principech umělé inteligence, tedy jde o systém, který má k dispozici velké množství informací, které následně aplikuje na konkrétní kauzu.

²⁴ STRANIERI, A. a ZELEZNIKOW, J. *The Split-Up System: Integrating Neural Networks and Rule-Based Reasoning in the Legal Domain.*

2.3 Právní pohled na úlohu navrhovaného expertního systému

Pro praktickou část své práce jsem zvolila jeden z důležitých institutů rodinného práva, a to otázku výkonu rodičovské odpovědnosti po rozvodu manželství. Tento institut jsem zvolila mimo jiné proto, že obdobné expertní systémy zaměřené na usnadnění rozhodování soudců v oblasti rodinného práva již ve světě reálně existují (viz výše jmenovaný australský systém na podporu rozhodování v otázce dělení majetku po rozvodu). Dalším důvodem, proč jsem zvolila právě tento institut byla skutečnost, že se stále více manželství rozpadá a je zde společenský zájem na tom, aby úprava budoucí osobní péče o děti byla vyřešena nejen co možná nejvhodněji, ale také nejrychleji s ohledem na zdravý vývoj dětí. V současné době jsou soudy zahlceny velkým množstvím různých případů, možnost využití expertních systémů by jim tak mohlo značně ulehčit jejich nesnadnou práci.

Otázka implementace navrhovaného expertního systému a jemu podobných je však otázkou víceméně legislativní či výkonné moci. Je tedy zejména na zákonodárcích či úřednících jednotlivých ministerstev, aby uznali vhodnost expertních systémů a zařadili je „do provozu“. Jako jednu z možností vidím zavedení těchto nástrojů nejprve podpůrně. Soudci, jejich asistenti i vyšší soudní úředníci by tak dostali možnost seznámit se se systémem, naučili se jej používat a aplikovat jeho výsledky. Pokud by se systém osvědčil, mohl by být následně využíván povinně, a tedy zcela běžně. Na podobném principu již v ČR existují např. tzv. doporučující tabulky²⁵ pro stanovení výživného pro děti. Soudci mají tyto tabulky, které byly vytvořené Ministerstvem spravedlnosti, k dispozici, mohou se však nimi řídit pouze podpůrně, nemusí je tedy takřka vůbec brát v potaz (pokud své rozhodnutí řádně odůvodní).

Hlavním pramenem práva posuzovaného institutu je zákon č. 89/2012 Sb.²⁶ (dále jen „občanský zákoník“), a to konkrétně jeho část druhá, § 655–975. Mezi obecná pravidla, která upravují výkon rodičovské odpovědnosti, patří zejména trvalá péče o zájmy dítěte, povinnost informovat dítě o všech záležitostech, které se ho týkají a

²⁵ KOTRADY, P., Pohled soudní praxe na některé otázky týkající se stanovení výše výživného, *Bulletin advokacie online*, <<http://www.bulletin-advokacie.cz/pohled-soudni-praxe-na-nektere-otazky-tykajici-se-stanoveni-vyse-vyzivneho?browser=mobi>>.

²⁶ § 655–975 zákona č. 89/2012 Sb., občanského zákoníku.

zohlednění vlastního názoru dítěte s ohledem na jeho rozumovou a volní vyspělost. Rodičovská odpovědnost má být vykonávána rodiči ve vzájemné shodě, pokud se však rodiče neshodnou ohledně významné záležitosti, mohou požádat o rozhodnutí soud; typicky jde o záležitosti, které nelze označit za běžné, jako jsou lékařské zákroky, volba školských zařízení a budoucího povolání dítěte. Rodičovská odpovědnost je upravena v § 865-905 občanského zákoníku.

Konkrétní posuzovaná otázka, tedy otázka výkonu rodičovské odpovědnosti po rozvodu manželství je upravena v § 906-907 občanského zákoníku. § 906 odst. 1 občanského zákoníku říká, že jestliže má být rozhodnuto o rozvodu manželství rodičů dítěte, musí soud nejprve s ohledem na zájmy dítěte určit, jak budou rodiče napříště o dítě pečovat, přičemž se soud od souhlasného postoje rodičů odkloní pouze v případě, kdy je to vyžadováno zájmem dítěte. Soud bere ohled na vztah dítěte k oběma rodičům, sourozencům i prarodičům. Odst. 2 téhož § říká, že soud je oprávněn rozhodnout i tím způsobem, že schválí dohodu rodičů, avšak pouze za předpokladu, že dohoda zřejmě není v nesouladu se zájmem dítěte. Ustanovení § 907 občanského zákoníku stanoví, že soud je oprávněn dítě svěřit do péče jednoho z rodičů, či do střídavé péče nebo do společné péče, soud může dítě také svěřit do péče osoby odlišné od rodičů, pokud je to potřebné v zájmu dítěte. Svěření do společné péče vyžaduje souhlasné stanovisko obou rodičů. Odst. 2 téhož paragrafu pak říká, že soud rozhoduje tím způsobem, aby docílil toho, že jeho rozhodnutí odpovídá zájmu dítěte. Soud bere ohled na osobnost dítěte, na jeho vlohy a schopnosti ve vztahu k vývojovým možnostem a životním poměrům rodičů, city dítěte, zázemí dítěte, výchovné schopnosti obou rodičů, na stálost výchovného prostředí, ve kterém má dítě napříště žít, na citové vazby dítěte k sourozencům, prarodičům a dalším příbuzným i nepříbuzným osobám. Soud vždy bere v úvahu, kdo se o dítě staral, pečoval o něj, dbal jeho citové, rozumové a mravní výchovy, dále bere soud na zřetel také to, u kterého z rodičů jsou dítěti dány lepší předpoklady pro jeho zdravý a úspěšný vývoj. Odst. 3 téhož paragrafu pak formuluje povinnost soudu dbát na právo dítěte na péči obou rodičů a udržování pravidelného osobního styku s nimi, na právo druhého rodiče, kterému dítě nebude svěřeno do péče, na pravidelné informace o dítěti a na schopnosti rodiče dohodnout se na výchově dítěte s druhým rodičem. § 908 téhož zákona upravuje situaci, kdy soud rozhoduje o péči o nezletilé dítě v případě, že spolu jeho rodiče nežijí a úpravu péče si nedohodnou; v takovém případě je postup dle § 906 a 907 občanského zákoníku obdobně. Ustanovení § 909 pak míří na situaci, kdy je soud povinen v případě změny poměrů změnit

rozhodnutí týkající se výkonu povinností a práv vyplývajících z rodičovské odpovědnosti, to i bez návrhu.

§ 867 odst. 1 říká, že § 867 odst. 1 říká, že před rozhodnutím dotýkajícím se zájmu dítěte poskytne soud dítěti informace potřebné k tomu, aby si dítě mohlo vytvořit vlastní názor a tento soudu sdělit. Odst. 2 téhož ustanovení pak říká, že pokud dítě není dle názoru soudu schopné informace přijmout či pokud není schopné vytvořit si vlastní názor, soud je povinen informovat vyslechnout toho, kdo je schopen zájmy dítěte patřičně chránit; přičemž platí vyvratitelná právní domněnka, že dítě starší 12 let je schopné informaci přijmout, vytvořit si a sdělit soudu vlastní názor. Poslední věta téhož ustanovení pak říká, že soud věnuje názoru dítěte patřičnou pozornost. Zejména z důvodu nutnosti osobní účasti rodičů, dětí či jiných osob i účasti soudce na případu je tedy zatím nemožné, aby expertní systém fungoval zcela samostatně, neboť není schopen nahradit osobní prvek, který je zejména v právu rodinném vždy přítomný. Jako podpůrný nástroj jsou však expertní systémy příhodné. V souvislosti s nutností reflektovat také samotný názor dítěte je třeba zmínit další právní normy, které toto právo dítěte podporují. Patří mezi ně např. Úmluva o právech dítěte (sdělení FMZV Č. 104/1991 Sb.²⁷), která ve svém článku 3 říká, že zájem dítěte by měl být primárním hlediskem při jakékoli činnosti, která se dítěte týká, bez ohledu na to, zda bude uskutečňována veřejnými či soukromými zařízeními sociální péče, soudy, správními nebo zákonodárnyými orgány. Čl.12 téže Úmluvy pak popisuje právo dítěte, které je schopno vyjádřit vlastní názory, tyto názory svobodně vyjadřovat ve všech věcech, které se jej přímo dotýkají; těmto jeho názorům musí být věnována náležitá pozornost s ohledem na věk a úroveň dítěte. Tento článek dále zakotvuje možnost dítěte být přímo či prostřednictvím zástupce nebo orgánu vyslyšeno v každém soudním či správním řízení, které se jej bezprostředně dotýká. Právo dítěte na informace a na vyjádření názoru v řízení vyplývá rovněž z článku 3 hlavy II. Evropské úmluvy o výkonu práv dětí (sdělení MZV č. 54/2001 Sb.²⁸). Z vnitrostátních pramenů, které upravují rodinné právo v nejobecnější rovině, lze rovněž uvést usnesení předsednictva ČNR č. 2/1993 Sb., o vyhlášení Listiny základních práv a svobod²⁹ jako součásti ústavního pořádku

²⁷ Sdělení FMZV č. 104/1991 Sb., o Úmluvě o právech dítěte.

²⁸ Sdělení MZV č. 54/2001 Sb.

²⁹ Usnesení předsednictva ČNR č. 2/1993 Sb., o vyhlášení Listiny základních práv a svobod.

ČR, které ve svém čl. 32 zaručuje ochranu rodiny a rodičovství i zvláštní ochranu dětí a mladistvých.

Jak již bylo řečeno výše, existuje více možných typů úpravy otázky péče o dítě. Nejlepším způsobem je patrně péče společná³⁰, kdy o dítě nadále pečují oba rodiče. Soud nemusí tuto péči zvlášť upravovat, rodiče se jsou schopni domluvit na všech otázkách ohledně dítěte mezi sebou. Druhým typem je péče střídavá, kdy dítě pobývá střídavě u obou rodičů. Speciálním typem střídavé péče je pak tzv. „hnízdo“, kdy dítě zůstává stále na stejném místě, kde se u něj rodiče střídají. Dítě se tak nemusí přesunovat mezi dvěma místy a může se cítit více stabilněji. Nejčastěji se vyskytujícím typem je však výlučná péče pouze jednoho z rodičů, přestože značně převažují mínusy tohoto uspořádání nad jeho pozitivy.³¹

2.4 Návrh struktury fuzzy modelu

Navrhujeme tedy zjednodušený jazykový model výkonu rodičovské odpovědnosti po rozvodu manželství. Budeme zde předpokládat pouze situaci, kdy bude dítě svěřeno do výlučné péče jednoho z rodičů. Druh výkonu rodičovské odpovědnosti po rozvodu manželství budeme vyvozovat s ohledem na následující tři hlediska: vztah dítěte k rodiči (VZT), zázemí u rodiče (ZUR), výchovné schopnosti rodiče (EDU). Výstupní proměnné nabývají čtyř jazykových hodnot: výlučná péče otce (OTC), výlučná péče matky (MAT), spíše péče matky (SPM) či spíše péče otce (SPO). Pokud by měl být systém zaveden do soudní praxe, musel by být rozšířen o další vstupní proměnné i jejich jazykové hodnoty. Mohlo by jít například o následující proměnné: vztah rodiče k dítěti, vztah dítěte k ostatním rodinným příslušníkům/známým rodiče atd.

Fuzzy logický jazykový model úlohy rozhodování o přidělení dítěte do rodičovské péče má tři vstupní jazykové proměnné

VZTAH,

ZÁZEMÍ,

³⁰ ŘEZNÍČEK, D. a HEJNÁ, A., Společná péče o dítě po rozchodu rodičů, *EPRAVO.CZ*, <<https://www.epravo.cz/top/clanky/spolecna-pecce-o-dite-po-rozchodu-rodicu-104923.html>>.

³¹ DVOŘÁK, J., ŠVESTKA J. a ZUKLÍNOVÁ, M., *Občanské právo hmotné*.

SCHOPNOST VÝCHOVY

a jednu jazykovou proměnnou výstupní

PŘIDĚLENÍ DO PÉČE.

Vstupní jazykové proměnné mají dvě jazykové hodnoty

SPÍŠE MATKA,

SPÍŠE OTEC.

Výstupní jazyková proměnná má jazykové hodnoty čtyři, a to

MATKA,

SPÍŠE MATKA,

SPÍŠE OTEC,

OTEC.

Jazykový pravidlový fuzzy model obsahuje 8 IF-THEN pravidel (Obr. 5).

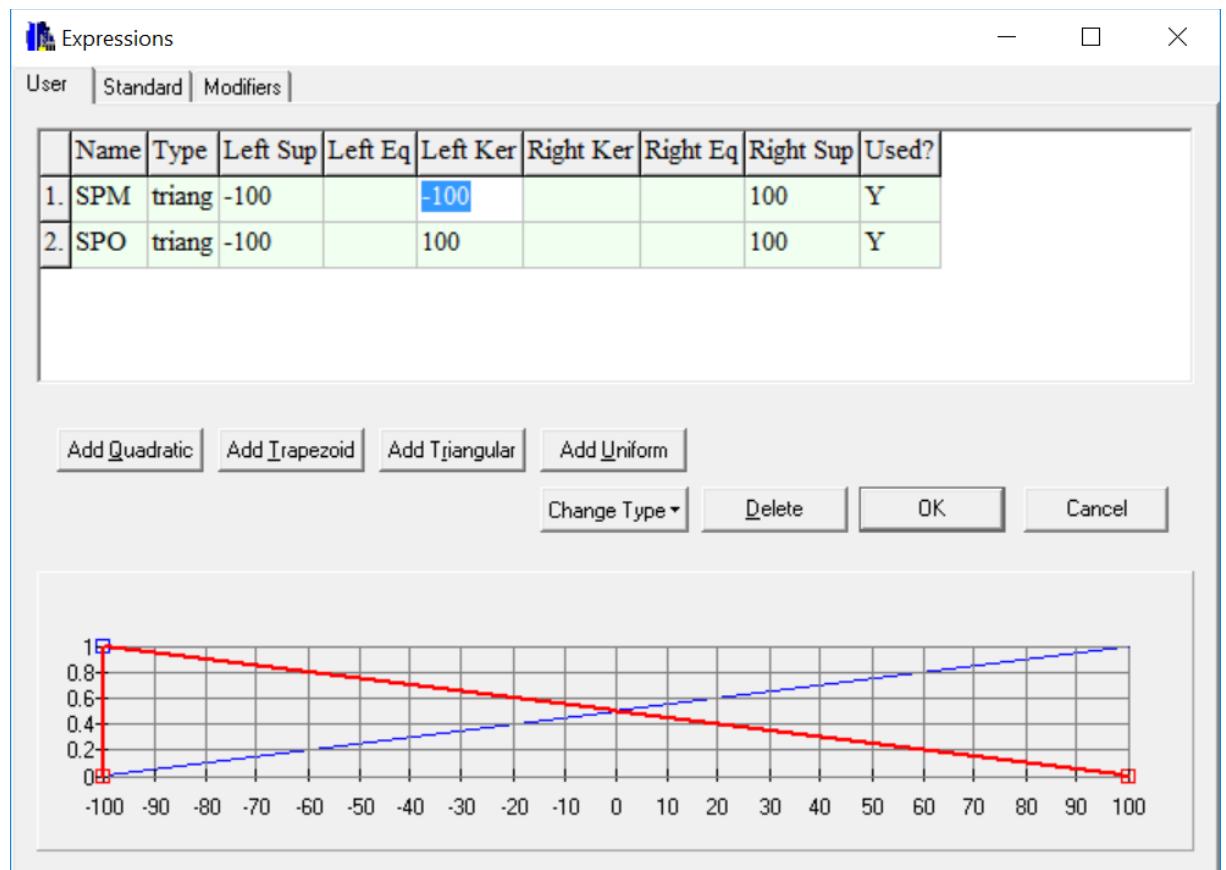
	VZT	ZAZ	EDU	DEC	(
1. <input checked="" type="checkbox"/>	SPM	SPM	SPM	MAT	
2. <input checked="" type="checkbox"/>	SPM	SPM	SPO	SPM	
3. <input checked="" type="checkbox"/>	SPM	SPO	SPM	SPM	
4. <input checked="" type="checkbox"/>	SPM	SPO	SPO	SPO	
5. <input checked="" type="checkbox"/>	SPO	SPM	SPM	SPM	
6. <input checked="" type="checkbox"/>	SPO	SPO	SPM	SPO	
7. <input checked="" type="checkbox"/>	SPO	SPM	SPO	SPO	
8. <input checked="" type="checkbox"/>	SPO	SPO	SPO	OTC	

Obr. 5: Pravidla jazykového fuzzy modelu

3. Implementace expertního systému

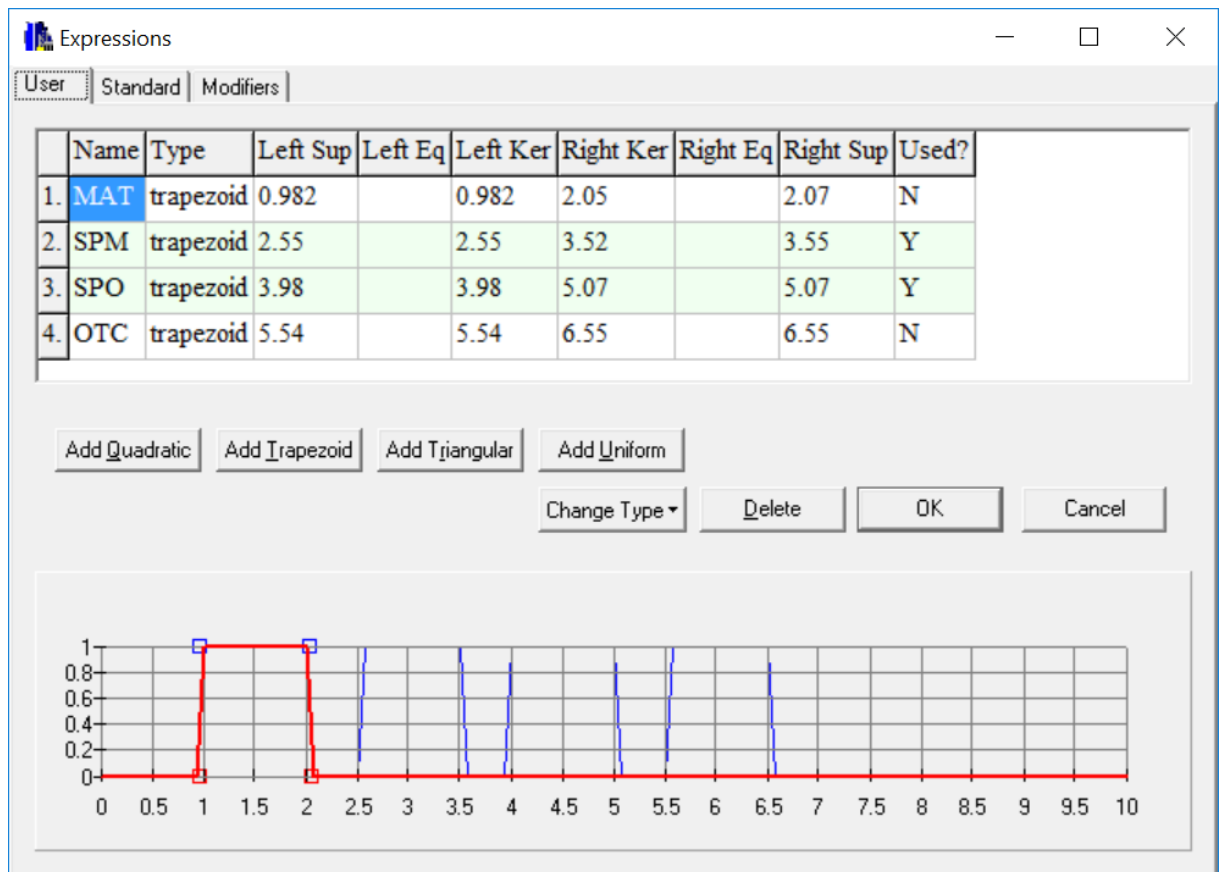
Fuzzy expertní systém, popsáný v předcházející kapitole, byl implementován v systémovém prostředí LFLC – Linguistic Fuzzy Logic Controller v.20. Tento prázdný (shell) programový systém je vhodný pro realizaci diagnostických fuzzy expertních systémů. Jedná se o interaktivní grafický systém, editace systému probíhá v jeho interaktivních oknech.

Okno pro editaci vstupních jazykových proměnných je na Obr. 6. Všechny proměnné mají dvě jazykové hodnoty, jejichž fuzzy množiny mají funkce příslušnosti aproximovány trojúhelníkovou lomenou čarou.



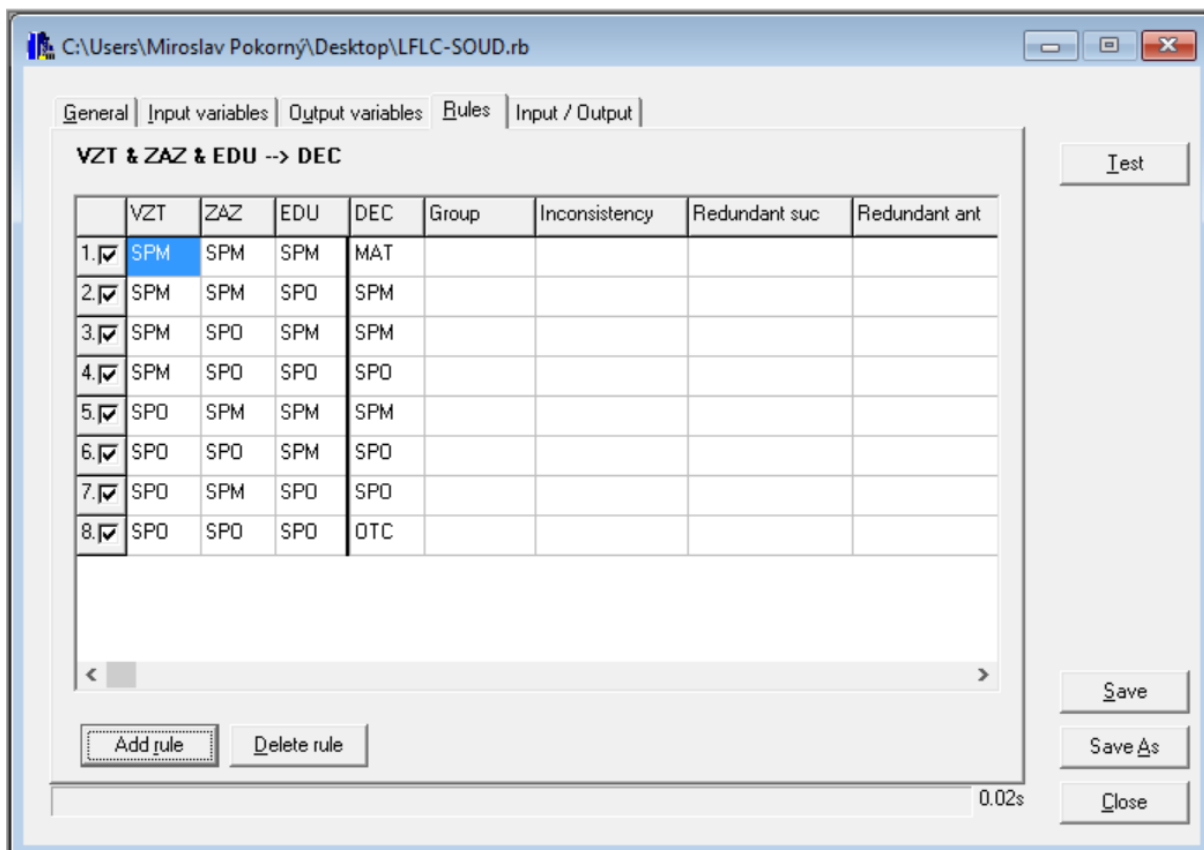
Obr. 6: Definice funkcí příslušnosti jazykových hodnot vstupních proměnných

Okno pro editaci výstupní jazykové proměnné je na Obr. 7. Výstupní proměnná má čtyři jazykové hodnoty (diagnostického typu), jejichž fuzzy množiny mají funkce příslušnosti aproximovány obdélníkovou lomenou čarou.



Obr. 7: Definice funkcí příslušnosti jazykových hodnot výstupní proměnné

Okno pro editaci jazykových IF-THEN pravidel je na Obr. 8. Je uvedeno všech 8 pravidel modelu podle Obr. 8.



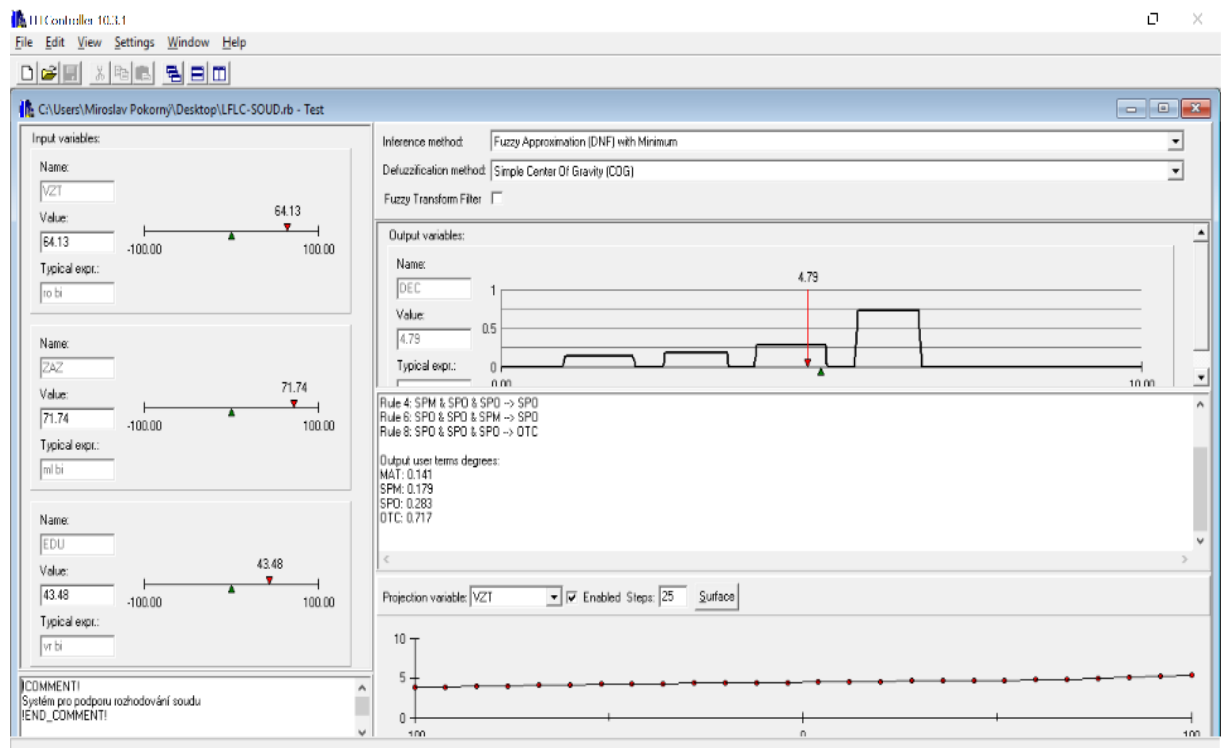
Obr. 8: Pravidla jazykového modelu

Implementovaný expertní systém byl odladěn úpravou jeho pravidel tak, aby se jeho vyvozovaná doporučení co nejvíce blížila názoru experta. Vlastnosti expertního systému byly ověřeny simulacemi, popsány v následující kapitole.

4. Simulační ověření funkce systému

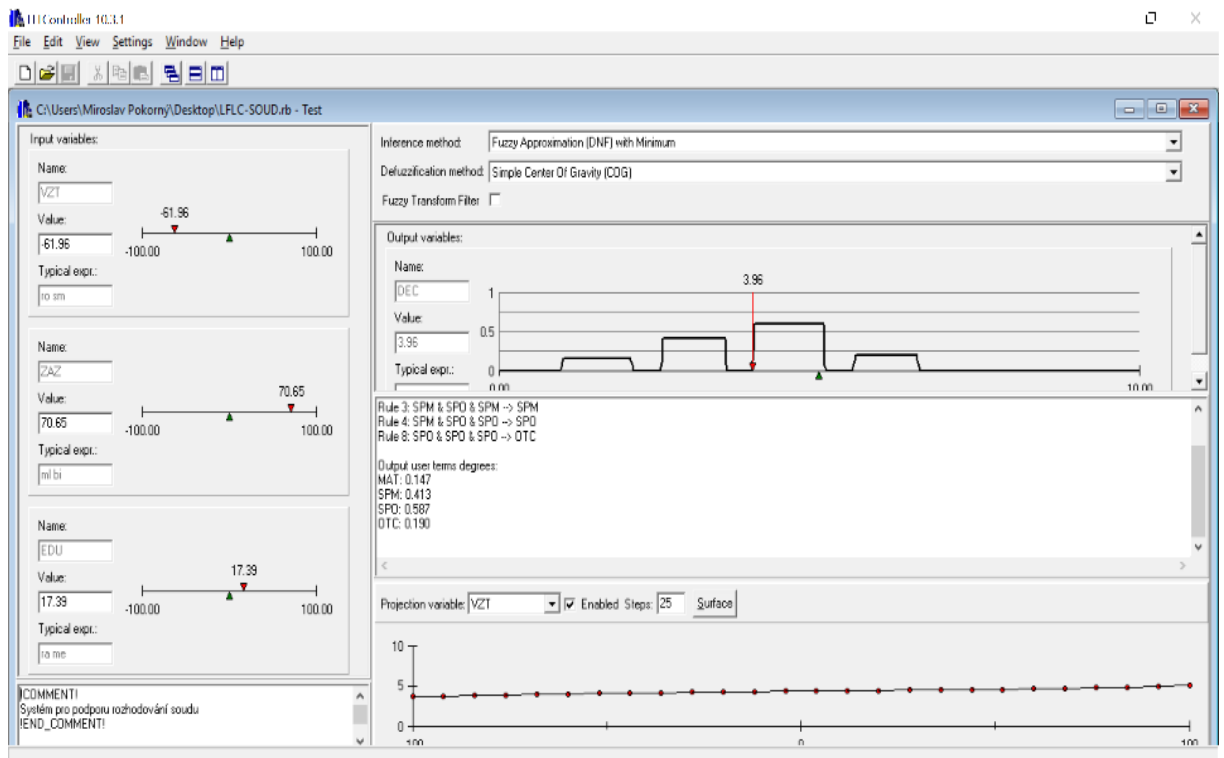
Simulační pokusy byly zvoleny tak, aby ověřily efektivitu systému v celém rozsahu jeho funkcí.

V prvním pokusu byly velikosti hodnot vstupních proměnných voleny tak, aby vyvození systému vedlo k závěru OTEC. Výsledek je uveden na Obr. 9.



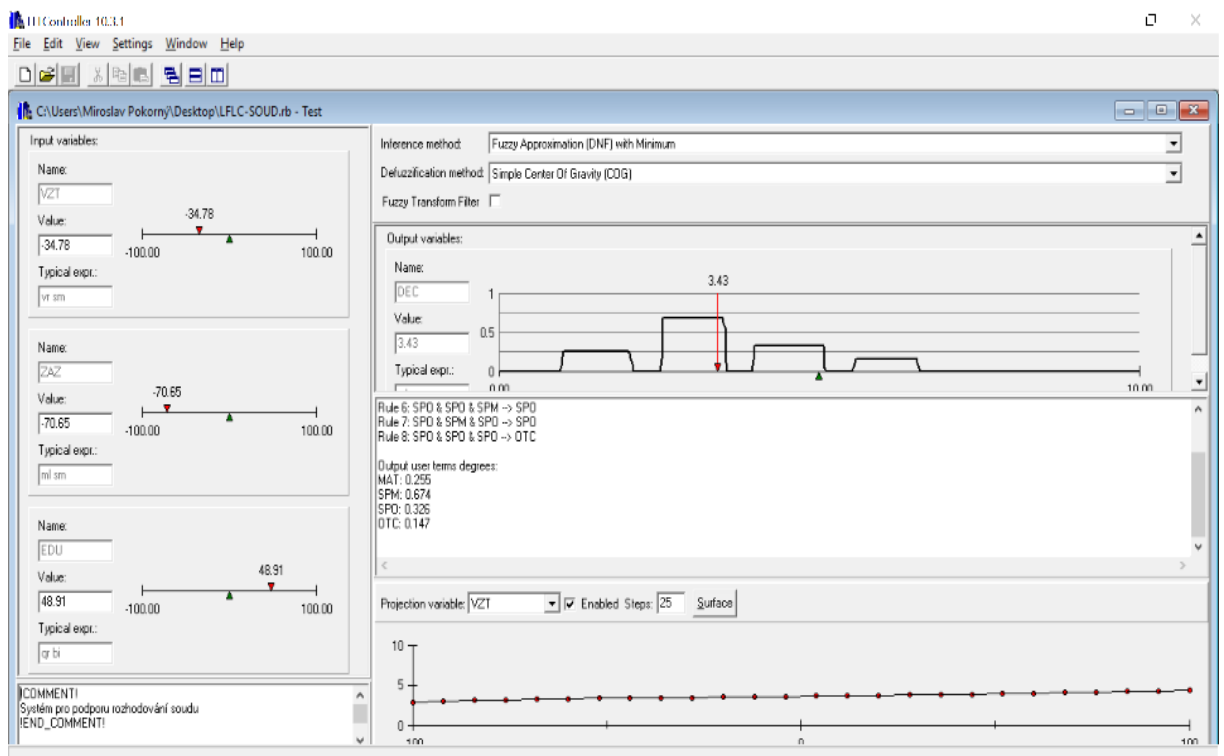
Obr. 9: Dominantní odpověď OTEC

V druhém pokusu byly velikosti hodnot vstupních proměnných tak, aby vyvození systému vedlo k závěru SPÍŠE OTEC. Výsledek je uveden na Obr. 10.



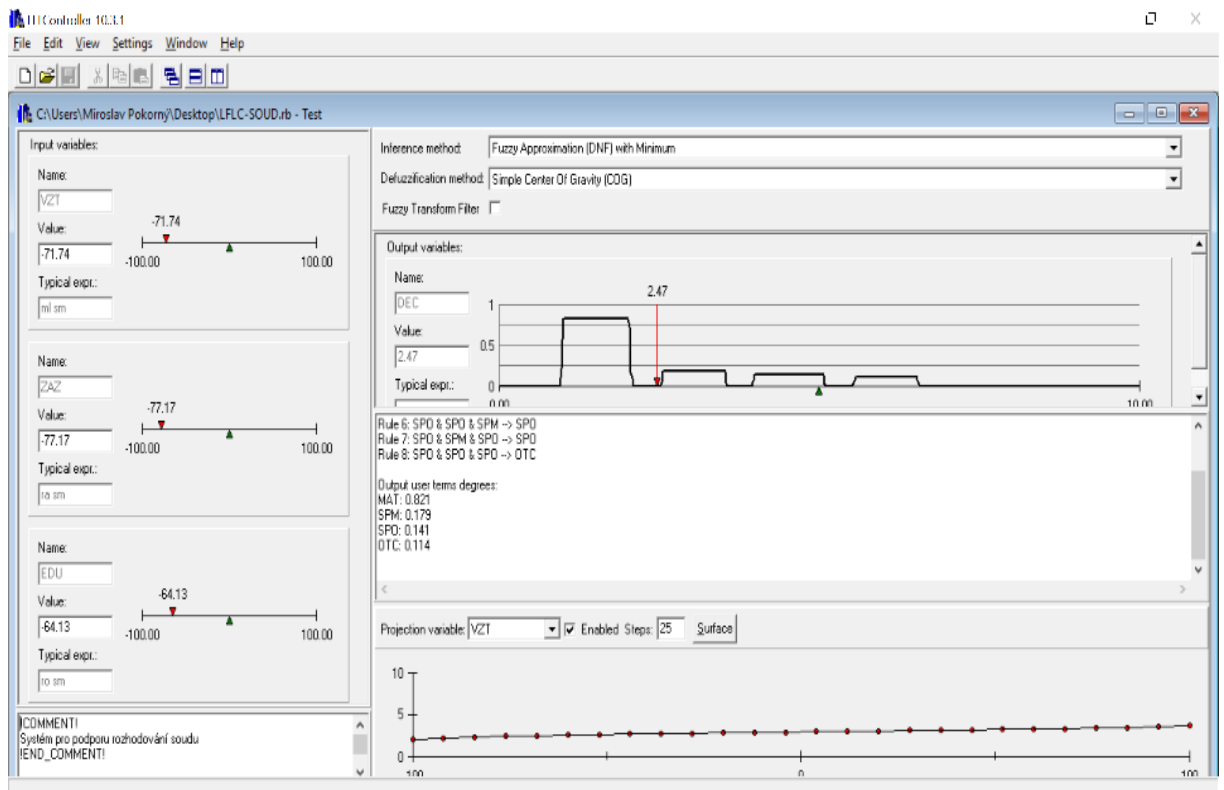
Obr. 10: Dominantní odpověď SPÍŠE OTEC

Ve třetím pokusu byly velikosti hodnot vstupních proměnných tak, aby vyvození systému vedlo k závěru SPÍŠE MATKA. Výsledek je uveden na Obr. 11.



Obr. 11: Dominantní odpověď SPÍŠE MATKA

Ve čtvrtém pokusu byly velikosti hodnot vstupních proměnných tak, aby vyvození systému vedlo k závěru MATKA. Výsledek je uveden na Obr. 12.

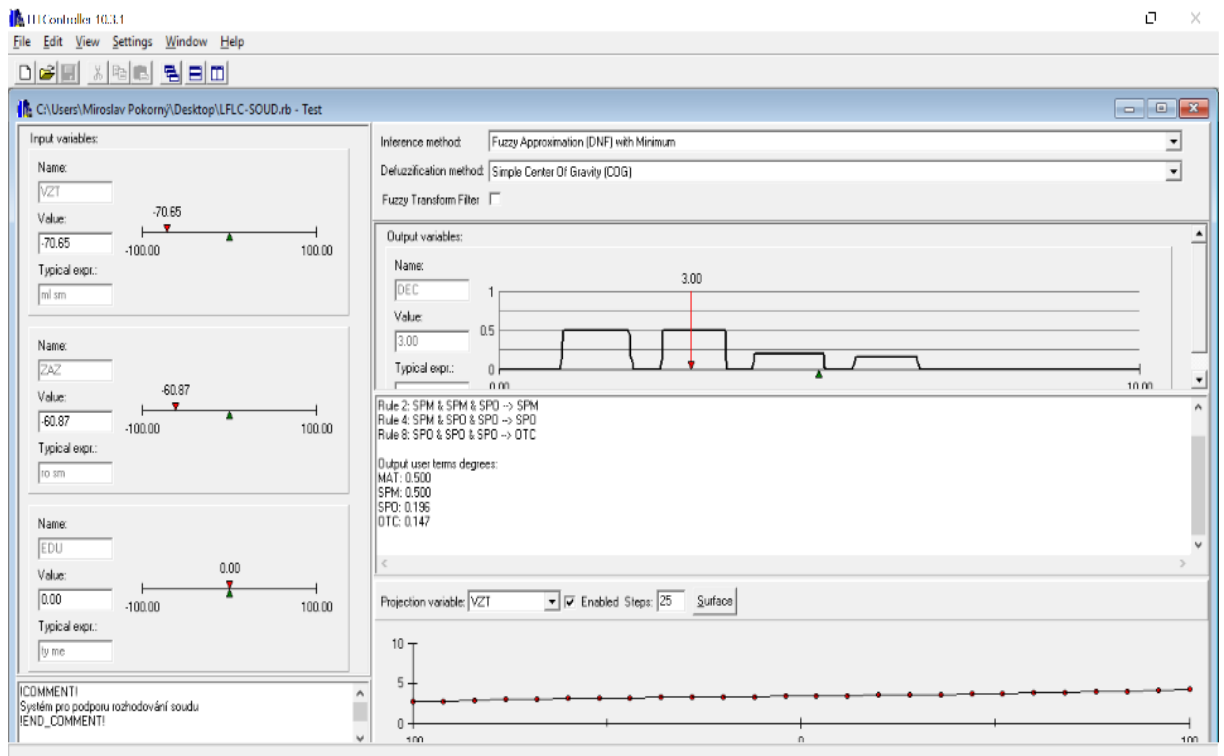


Obr. 12: Dominantní odpověď MATKA

V pátém pokusu byly velikosti hodnot vstupních proměnných tak, aby vyvození systému vedlo k odpovědi poněkud neurčitě. Systém dává odpověď:

Pro lepší rozlišení doporučení MATKA a SPÍŠE MATKA nemám ve své bázi znalostí dost informací.

K detailnějšímu rozlišení musí uživatel použít svůj názor, opřený o jeho další rozhodovací hlediska. Výsledek je uveden na Obr. 13.

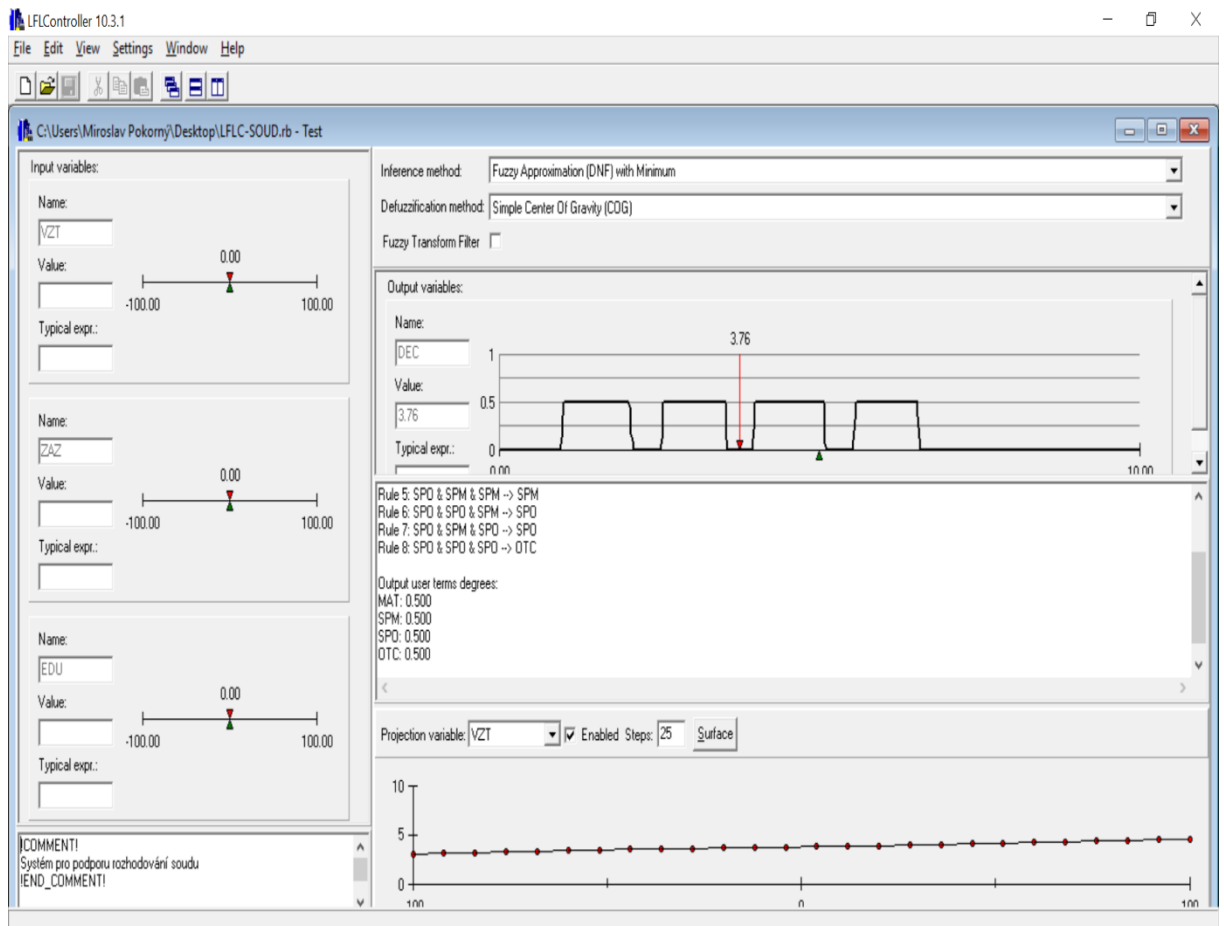


Obr. 13: Odpověď málo určitá NEDOVEDU LÉPE ROZLIŠIT

V šestém pokusu byly velikosti hodnot všech vstupních proměnných nastaveny na hodnoty NEVÍM. V takovém případě nemůže být odpověď systému jiná, než také NEVÍM, NEUMÍM SE ROZHODNOUT:

Pro rozlišení jednotlivých jazykových hodnot výstupní proměnné nemám ve své bázi znalostí dost informací.

K detailnějšímu rozlišení musí opět uživatel použít svůj názor, opřený o jeho další rozhodovací hlediska. Výsledek je uveden na Obr. 14.



Obr. 14: Zcela neurčitá odpověď NEVÍM

Jako expert potvrzují, že všechny odpovědi testovaného expertního systému odpovídají nastaveným vstupním hodnotám. Lze říci, že expertní systém pracuje správně.

Výsledky simulačního provozu expertního systému vedou k závěru, že výzkumnou hypotézu z úvodu práce lze přijmout jako správnou.

ZÁVĚR

Bakalářská práce obsahuje rozbor možností konstrukce počítačových programových systémů pro podporu rozhodování při řešení složitých úloh. Uvádí informační technologii fuzzy orientovaných expertních systémů, které pro řešení problémů využívají jazykové pravidlové modely s využitím přístupů fuzzy množinové matematiky a fuzzy vícehodnotové lingvistické logiky.

V praktické části byl navržen původní expertní systém pro podporu rozhodování v problematice péče o dítě po rozvodu rodičů. Systém byl implementován v programovém prostředí LFLC – Linguistic Fuzzy Logic Controller. Byly provedeny simulační pokusy, které ověřily správnost funkce expertního systému a potvrdily platnost výzkumné hypotézy.

Z výše uvedeného je zřejmé, že použití expertních systémů v soudní praxi může v budoucnu přinést velké výhody, a to jak soudcům samotným, tak účastníkům řízení. Zejména v posledních letech jsou soudy zahlceny velkým množstvím případů, soudní pře trvají někdy celé roky, za pomoci expertních systémů však může dojít k výrazně rychlejšímu zpracování řešení jednotlivých sporů. Další nespornou výhodou využití těchto systémů bude zcela jistě zvýšení právní jistoty, neboť systémy pracují v souhrnu na základě větší objektivity, než jaká je vlastní jednotlivým soudcům.

Důraz by však měl být kladen na velmi pečlivé sestavení těchto moderních nástrojů. K implementaci by dle mého názoru mohlo dojít nejprve na nižších úrovních, tj. systémy by mohly být vytvářeny nejprve pro základní otázky. Následně by experti mohli systémy rozšiřovat, aby tak systémy vytvářeli co nejpreciznější řešení. K tomuto účelu jsou expertní systémy se svými pravidlovými jazykovými modely velmi vhodné, protože modely jsou otevřené (lze doplnit další vstupní proměnné, počet jejich jazykových hodnot, lze rozšiřovat nebo redukovat počet pravidel).

ANOTACE

Příjmení a jméno autora:	Kafková Michaela
Instituce:	Moravská vysoká škola Olomouc
Název práce v českém jazyce:	Fuzzy-logické expertní systémy pro podporu rozhodování v managementu
Název práce v anglickém jazyce:	Fuzzy-logic Decision-Making Support Systems in Management
Vedoucí práce:	prof. Dr. Ing. Miroslav Pokorný
Počet stran:	43
Počet příloh:	1
Rok obhajoby:	2017
Klíčová slova v českém jazyce:	umělá inteligence, fuzzy-logické expertní systémy, podpora rozhodování soudu
Klíčová slova v anglickém jazyce:	artificial intelligence, fuzzy-logical expert systems, support for court decisions

Cílem práce je návrh, dedikace, odladění a testování vybraného prázdného fuzzy-logického expertního systému. Dedikace je zaměřena do oblasti podpory rozhodování v soudních řízeních, zejména otázky výkonu rodičovské odpovědnosti po rozvod rodičů. V práci bude provedeno zhodnocení současného stavu rozhodování a zdůvodněno řešení s podporou programových nástrojů umělé inteligence.

The main objective of this Bachelor thesis is to design, dedicate, debug and to test selected empty fuzzy-logic expert system. Dedication is focused on the field of decision support in court proceedings, especially on parental responsibility after the divorce. This thesis will evaluate the current situation of decision making and justify a solution with the support of artificial intelligence software tools.

LITERATURA A PRAMENY

1. DOSTÁL, Petr. *Pokročilé metody analýz za právní nejistoty*. Brno: CERM, s.r.o., 2009. 104 s. ISBN 978-80-7204-651-5.
2. DVOŘÁK, Jan, ŠVESTKA, Jiří a ZUKLÍNOVÁ, Michaela. *Občanské právo hmotné*. Praha: Wolters Kluwer, 2016. 196 s. ISBN 978-80-7478-325-8.
3. Biography of Edward Feigenbaum. In *Computer History Museum* [online]. Mountain View, CA: Computer History Museum, 2016 [cit. 2017-02-10]. Dostupné na WWW:
<<http://www.computerhistory.org/fellowawards/hall/bios/Edward,Feigenbaum>>.
4. KANNAI, Ruth a SCHILD, Uri. Intelligent Computer Evaluation of Offender's Previous Record. In 13 *ARTIFICIAL INTELLIGENCE & L.* 373, 2005.
5. *Legal Reasoning in the Discretionary Domain of Family Law in Australia*. In 7. *ARTIFICIAL INTELLIGENCE & L.* 153, 1999.
6. MACHALOVÁ, T. Systémová teorie práva. *IS MUNI* [online]. Leden 2016 [cit. 2017-02-26]. Dostupné na WWW:
<https://is.muni.cz/auth/el/1422/jaro2016/MP416Zk/um/Prednaska_c_10-16.txt>.
7. NOVÁK, Vilém. *Fuzzy množiny a jejich aplikace*. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1990. 296 s. ISBN 80-03-00325-3.
8. NOVÁK, Vilém. *Základy fuzzy modelování*. Praha: BEN technické nakladatelství, 2000. 175 s. ISBN 80-7300-009-1.
9. KOTRADY, Pavel. Pohled soudní praxe na některé otázky týkající se stanovení výše výživného. *Bulletin advokacie online* [online]. Srpen 2015 [cit. 2017-05-28]. Dostupné na WWW: <<http://www.bulletin-advokacie.cz/pohled-soudni-praxe-na-nektere-otazky-tykajici-se-stanoveni-vyse-vyzivneho?browser=mobi>>.
10. POKORNÝ, Miroslav. a KRIŠOVÁ, Zdeňka. *Znalostní systémy* [online]. Olomouc: Moravská vysoká škola Olomouc, 2011 [cit. 2017-02-11]. Dostupné na WWW:
<<https://stag-mvso.zcu.cz/portal/studium/moje-studium/studijnimaterialy.html>>.
11. Sdělení MZV č. 54/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů. In: *ASPI* [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [cit. 28. 5. 2017].

12. Sdělení FMZV č. 104/1991 Sb., o Úmluvě o právech dítěte, ve znění pozdějších předpisů. In: *ASPI* [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [cit. 28. 5. 2017].
13. ŘEZNÍČEK, David a HEJNÁ, Alena. Společná péče o dítě po rozchodu rodičů. *EPRAVO.CZ* [online]. Únor 2017 [cit. 2017-05-28]. Dostupné na WWW: <<https://www.epravo.cz/top/clanky/spolecna-pece-o-dite-po-rozchodu-rodicu-104923.html>>.
14. STRANIERI, Andrew & ZELEZNIKOW, John. The Split-Up System: Integrating Neural Networks and Rule-Based Reasoning in the Legal Domain. In *PROCEEDINGS OF THE 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND LAW (ICAIL '95) 185, 1995*.
15. TRENZ, Oldřich, FEJFAR Jiří, POPELKA, Ondřej, KOLOMAZNÍK Jan a ŠTENCL, Michael. *Umělá inteligence: eLearningová opora k předmětu Umělá inteligence 1* [online]. Brno: Mendelova univerzita v Brně, Provozně ekonomická fakulta, Ústav informatiky, 2010 [cit. 2016-08-11]. Dostupné na WWW: <<https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/index.pl?opora=2068>>.
16. Usnesení předsednictva ČNR č. 2/1993 Sb., o vyhlášení Listiny základních práv a svobod, ve znění pozdějších předpisů. In: *ASPI* [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [cit. 28. 5. 2017]
17. YALIN-MOR, Keren. *Using Decision Support Systems in Judicial Decision-Making* [online]. Tel Aviv: Tel Aviv University, The Buchman Faculty of Law, 2011 [cit. 2017-01-10]. Dostupné na WWW: <http://www.law.tau.ac.il/Heb/_Uploads/dbsAttachedFiles/research_proposal-Keren_Yalin-Mor.pdf. Ph.D. Research Proposal>.
18. Zákon č. 89/2012 Sb., občanský zákoník, ve znění pozdějších předpisů. In: *ASPI* [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [cit. 27. 5. 2017].

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 - Schéma diagnostického expertního systému	12
Obr. 2 - Lichoběžníková aproximace funkce příslušnosti	14
Obr. 3 - Grafické znázornění pravidel	15
Obr. 4 - Grafické znázornění metody Mamdaniho vyvozování	15
Obr. 5 - Pravidla jazykového fuzzy modelu	25
Obr. 6 - Definice funkcí příslušnosti jazykových hodnot vstupních proměnných	26
Obr. 7 - Definice funkcí příslušnosti jazykových hodnot výstupní proměnné	27
Obr. 8 - Pravidla jazykového modelu	28
Obr. 9 - Dominantní odpověď OTEC	29
Obr. 10 - Dominantní odpověď SPÍŠE OTEC	30
Obr. 11 - Dominantní odpověď SPÍŠE MATKA	30
Obr. 12 - Dominantní odpověď MATKA	31
Obr. 13 - Odpověď málo určitá NEDOVEDU LÉPE ROZLIŠIT	32
Obr. 14 - Zcela neurčitá odpověď NEVÍM	33

SEZNAM PŘÍLOH

Příl. 1 – Komentovaný výpis struktury souboru LFLC-SOUD.rb.....	40
---	----

PŘÍLOHY

Příloha 1

Komentovaný výpis struktury souboru LFLC-SOUD.rb

!COMMENT!

System pro podporu rozhodování soudu

!END_COMMENT!

TypeOfDescription=linguistic (jazykový model)
InfMethod=Fuzzy_Approximation-functional (Mamdaniho inference)
DefuzzMethod=SimpleCenterOfGravity
UseFuzzyFilter=false

NumberOfAntecedentVariables=3

NumberOfSuccedentVariables=1

NumberOfRules=8

AntVariable1

name=VZT (vztah k rodičům)

settings=new

context=<-100,0,100>

discretization=301

UserTerm

name=SPM (spíše matka)

type=triang

parameters= -100 -100 100

End_UserTerm

UserTerm

name=SPO (spíše otec)

type=triang

parameters= -100 100 100

End_UserTerm

End_AntVariable1

AntVariable2

name=ZAZ (kvalita zázemí)
settings=new
context=<-100,0,100>
discretization=301
UserTerm
name=SPM (spíše matka)
type=triang
parameters= -100 -100 100
End_UserTerm
UserTerm
name=SPO (spíše otec)
type=triang
parameters= -100 100 100
End_UserTerm
End_AntVariable2

AntVariable3

name=EDU (schopnost výchovy)
settings=new
context=<-100,0,100>
discretization=301
UserTerm
name=SPM (spíše matka)
type=triang
parameters= -100 -100 100
End_UserTerm
UserTerm
name=SPO (spíše otec)
type=triang
parameters= -100 100 100
End_UserTerm
End_AntVariable3

SucVariable1

name=DEC (rozhodnutí soudu)

settings=new

context=<0,5,10>

discretization=301

UserTerm

name=MAT (do péče matky)

type=trapezoid

parameters= 0.982 0.982 2.05 2.07

End_UserTerm

UserTerm

name=SPM (spíše do péče matky)

type=trapezoid

parameters= 2.55 2.55 3.52 3.55

End_UserTerm

UserTerm

name=SPO (spíše do péče otce)

type=trapezoid

parameters= 3.98 3.98 5.07 5.07

End_UserTerm

UserTerm

name=OTC (do péče otce)

type=trapezoid

parameters= 5.54 5.54 6.55 6.55

End_UserTerm

End_SucVariable1

RULES

"SPM" "SPM" "SPM" | "MAT"

"SPM" "SPM" "SPO" | "SPM"

"SPM" "SPO" "SPM" | "SPM"

"SPM" "SPO" "SPO" | "SPO"

"SPO" "SPM" "SPM" | "SPM"

"SPO" "SPO" "SPM" | "SPO"

```
"SPO" "SPM" "SPO" | "SPO"  
"SPO" "SPO" "SPO" | "OTC"  
END_RULES
```