

**Univerzita Pardubice  
Fakulta ekonomicko-správní**

**Finanční rozhodování za neurčitosti**

**Jiří Čejka**

**Bakalářská práce  
2008**



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(ROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jiří ČEJKA**

Studijní program: **B6209 Systémové inženýrství a informatika**

Studijní obor: **Informační a bezpečnostní systémy**

Název tématu: **Finanční rozhodování za neurčitosti**

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

Finanční rozhodování

Fuzzy inferenční systémy

Návrh vybraných finančních modelů za neurčitosti

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

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

Seznam odborné literatury:

**ZMEŠKAL, Z. Finanční modely. Praha: Ekopress, 2004.**

**OLEJ, V. Modelovanie ekonomických procesov na bázi výpočtovej inteligencie. Hradec Králové: M&V, 2003.**

**KISLINGEROVÁ, E. Manažerské finance. Praha: C.H. Beck, 2004.**

**VALACH, J. Finanční řízení podniku. Praha: Ekopress, 1999.**

**NOVÁK, V. Základy fuzzy modelování. Praha: BEN, 2000.**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Petr Hájek, Ph.D.**

Ústav systémového inženýrství a informatiky

Datum zadání bakalářské práce:

**30. října 2007**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**19. května 2008**

prof. Ing. Jan Čapek, Csc. v. r.

děkan

doc. Ing. Pavel Petr, Ph.D. v. r.

vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 30. října 2007

## **SOUHRN**

Práce se zabývá analýzou základních forem finančního rozhodování a řízení. Cílem práce je navrhnout dva modely, které pomocí ukazatelů finanční analýzy, budou schopny hodnotit efektivnost investic a finanční zdraví podniku. Vzhledem k neurčitosti okolního prostředí podniku je k hodnocení využito poznatků z oblasti fuzzy logiky. Praktickým výsledkem práce je návrh a realizace fuzzy inferenčního systému Mamdani vytvořeného pomocí fuzzy toolboxu pro Matlab, který umožní provádět finanční analýzy podniků.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Finanční rozhodování, finanční analýza, fuzzy množiny, fuzzy inferenční systémy.

## **TITLE**

Financial decision-making under uncertainty

## **ABSTRACT**

The thesis deals with the analysis of the basic forms of financial decision-making and control. The aim of the work is to design two models which will be able to assess the effectiveness of investments and the financial health of a firm by using financial analysis ratios. Due to instability of business environment fuzzy logic theory is used for the evaluation of financial decision-making. Practical results of this work consist in the design of the fuzzy inference system Mamdani and its implementation in the environment of Fuzzy toolbox for Matlab, which is able to realize financial analysis process.

## **KEYWORDS**

Financial decision-making, financial analysis, fuzzy sets, fuzzy inference systems.

## **OBSAH:**

<b>1. ÚVOD.....</b>	<b>7</b>
<b>2. FINANČNÍ ŘÍZENÍ A ROZHODOVÁNÍ.....</b>	<b>8</b>
2.1. TYPY A FÁZE FINANČNÍHO ROZHODOVÁNÍ PODNIKU .....	8
2.2. RIZIKO VE FINANČNÍM ROZHODOVÁNÍ .....	10
2.3. INVESTIČNÍ ROZHODOVÁNÍ.....	12
2.4. FINANCOVÁNÍ INVESTIC .....	14
2.5. FINANČNÍ ANALÝZA JAKO PODKLAD PRO FINANČNÍ ROZHODOVÁNÍ.....	15
2.6. DÍLČÍ ZÁVĚRY .....	21
<b>3. FUZZY INFERENČNÍ SYSTÉMY .....</b>	<b>23</b>
3.1. FUZZY LOGIKA .....	23
3.2. FUZZY MNOŽINY .....	24
3.3. VŠEOBECNÁ STRUKTURA FUZZY INFERENČNÍCH SYSTÉMŮ.....	27
3.4. DÍLČÍ ZÁVĚRY .....	35
<b>4. VYBRANÉ FINANČNÍ MODELY ZA RIZIKA A NEJISTOTY.....</b>	<b>36</b>
4.1. STANOVENÍ ČISTÉ SOUČASNÉ HODNOTY ZA RIZIKA A NEJISTOTY.....	36
4.2. NÁVRH FUZZY INFERENČNÍHO SYSTÉMU PRO URČENÍ FINANČNÍHO ZDRAVÍ FIRMY .....	41
4.3. DÍLČÍ ZÁVĚRY .....	47
<b>5. ZÁVĚR .....</b>	<b>49</b>

## 1. Úvod

Finanční rozhodování je vždy ovlivňováno různou mírou neurčitosti vstupních dat a podmínek, za kterých je rozhodování realizováno. V tomto případě je jednou z možností jak rozhodování popsat využití fuzzy množin z oblasti fuzzy logiky. V současnosti se rozhodování pomocí fuzzy logiky stále více uplatňuje v rozhodovacích procesech, a to nejen v oborech technických, ale také netechnických. Výhody využívání fuzzy množin ve finančním rozhodování jsou zejména v tom, že rozhodujícími subjekty jsou lidé, kteří využívají k řízení subjektivní pohled vyjádřený pomocí lingvistických výrazů. Usnadňují rozhodovateli snadnější interpretaci složitých rozhodovacích procesů a řízených systémů. Cílem většiny ekonomických rozhodovacích procesů je z víceméně nepřesných a neurčitých vstupních údajů vyvodit poměrně přesná řešení a rozhodnutí. Fuzzy logika zohledňuje i to, aby přesnost navrženého řešení byla úměrná míře důležitosti sledovaného rozhodnutí. Na určité úrovni řízení, či rozhodování se tedy můžeme smířit i s částečnou mírou nepřesnosti nebo neúplnosti vstupních zpracovávaných údajů. Snaha docílit maximální přesnosti popisu může totiž způsobit rostoucí nepřehlednost a praktickou nepoužitelnost výstupních informací nebo ohrozit včasnost provedení rozhodnutí.

Cílem této práce je navrhnout model pro hodnocení efektivnosti investic a model na hodnocení finančního zdraví podniku. Tyto modely budou zahrnovat určitou míru neurčitosti, čímž by měl být lepší a snadněji interpretovatelný než zbytečně přesné metody hodnocení investic (čistá současná hodnota, vnitřní míra výnosu, atd.) a bonitní a bankrotní modely. Ty pracují s příliš přesnými čísly a jejich výsledek se potom obtížně interpretuje.

Celá práce je tématicky rozdělena na tři základní části. První část je věnována obecnému popisu finančního řízení a rozhodování podniku se zaměřením na investiční rozhodování. Finanční řízení podniku je těsně spjato s vnějším finančně ekonomickým prostředím, ve kterém podnik funguje. Právě pro neustálé změny okolního prostředí spojené s dynamickým vývojem celé společnosti bylo nutné zahrnout do finančního rozhodování a řízení i neurčitost tohoto prostředí. Druhá část je věnována fuzzy logice, která umožňuje modelovat složité systémy s neurčitými vstupními daty zpravidla vyjádřenými lingvistickými proměnnými. V této části je stručný přehled základních pojmů z oblasti fuzzy logiky se zaměřením na fuzzy inferenční systémy. Třetí část je věnována konkrétním modelům z oblasti finančního rozhodování.

## **2. Finanční řízení a rozhodování**

Finanční řízení a rozhodování [8] podniku představuje v tržní ekonomice nedílnou, takřka dominantní, část jeho ekonomické činnosti. V souvislosti s fungováním podniku dochází k neustálému pohybu peněžních prostředků, kapitálu i finančních zdrojů. Finanční řízení a rozhodování podniku se zabývá pohybem peněz a podnikového kapitálu, který je vyvolán fungováním nejrůznějších forem podnikatelských aktivit. Právě získávání, rozdělování a investování finančních prostředků s cílem maximalizace tržní hodnoty firmy je předmětem finančního řízení a rozhodování. Tato oblast prošla v posledních letech dynamickým vývojem a vyčlenila se jako samostatná ekonomická disciplína z podnikové ekonomiky. Její vývoj těsně souvisí s rozvojem finančních trhů, daňového prostředí, účetnictví a v neposlední řadě obecné vědy o řízení a rozhodování. Právě tato věda umožňuje zahrnout do rozhodování riziko a neurčitost budoucích změn okolního prostředí a zohlednit je v konečném rozhodnutí.

V této kapitole jsou popsány základní typy dlouhodobého a krátkodobého finančního rozhodování a je zde uvedeno, na jaké fáze se člení. Následuje stručný přehled rizik, která mohou kladně nebo záporně ovlivnit hospodaření podniku a jaká je možná ochrana proti nim. Dále je zde popsáno investiční rozhodování, které má dlouhodobý charakter a proto zahrnuje faktor času a riziko možných změn okolního prostředí. Avšak důsledky těchto rozhodnutí ovlivňují efektivnost firmy na několik let dopředu. Závěr této kapitoly je věnován poměrovým ukazatelům charakterizujícím jednotlivé úseky činnosti firmy. Komplexní zpětnou vazbou k finančnímu rozhodování je finanční analýza podniku posuzující pomocí soustavy těchto ukazatelů syntetizovaných v bonitních a bankrotních modelech efektivnost řídicích rozhodnutí. Ta je posuzována zpětným hodnocením výsledků podnikatelských činností u bonitních modelů a predikcí možných ohrožení u bankrotních modelů.

### ***2.1. Typy a fáze finančního rozhodování podniku***

Finanční rozhodování podniku [8,1] můžeme charakterizovat jako proces výběru optimální varianty peněžních prostředků, podnikového kapitálu a jejich užití z hlediska základních finančních cílů podnikání s přihlédnutím k různým omezujícím podmínkám. Nejvýznamnějšími typy rozhodovacích situací v oblasti financování podniku jsou:



1. Rozhodování o celkové výši potřebného kapitálu podniku v návaznosti na úvahu o předpokládané velikosti majetku, odvozenou od očekávaných tržeb.
2. Rozhodování o struktuře podnikového kapitálu, tj. např. o podílu vlastního a cizího kapitálu, různých formách vlastního kapitálu, různých formách cizího kapitálu. Zde je třeba přihlížet zejména k ceně různých druhů kapitálu a k finančnímu riziku.
3. Rozhodování o struktuře podnikového majetku, zejména o podílu peněžních prostředků na celkovém majetku, o podílu oběžného a fixního majetku.
4. Rozhodování o investování podnikového kapitálu. Základní úvaha spočívá v rozhodnutí o finančním nebo věcném (reálném) investování.
5. Rozhodnutí o rozdělování zisku po zdanění. Rozhodování o rozdělení zisku je často omezeno zákonnými požadavky na obligatorní tvorbu rezervních fondů, na způsob vyplácení dividend. Významně ovlivňuje nejen peněžní prostředky určované na rozvoj podniku, ale také jeho tržní hodnotu.
6. Rozhodování o různých formách převzetí a spojování podniků nebo zániku podniku formou jeho likvidace. Je založena především na správném vyjádření tržní hodnoty podniku a na posouzení ekonomického efektu transformace.

Uvedené typy finančního rozhodování se v zásadě týkají dlouhodobého, strategického finančního rozhodování, u kterých se výrazně projevuje nutnost respektovat faktorů času a s tím spojený zvýšený stupeň rizika změn. Krátkodobé finanční rozhodování je méně riskantní, neprojevuje se zde tak výrazně vliv času a jeho změny jsou snadněji realizovatelné. V zásadě je však krátkodobé rozhodování výrazně ovlivněno dlouhodobým finančním rozhodováním. Do oblasti krátkodobého finančního rozhodování patří zejména:

1. Rozhodování o velikosti a struktuře jednotlivých složek oběžného majetku, což je zejména optimalizace peněžních prostředků, výše zásob materiálu nebo nedokončené výroby a hotových výrobků.
2. Rozhodování o optimální formě krátkodobého kapitálu, což je zejména využití obchodních úvěrů, různých variant krátkodobých finančních rezerv, využití krátkodobých finančních záloh atd.
3. Rozhodování o způsobu ochrany proti různým formám rizika vyplývajícího z pohybu cen, úrokových sazeb, devizových kurzů a ovlivňujícího finanční výsledky podniku.

Finanční rozhodování podniku, ať krátkodobé nebo dlouhodobé zahrnuje několik významných fází, které na sebe logicky navazují a vyústí v konečné rozhodnutí. Jednotlivé fáze lze charakterizovat takto:

- vymezení finančního problému a konkrétní stanovení finančních cílů,
- analýza informací a podkladů pro rozhodování,
- stanovení různých variant řešení
- určení kritérií pro výběr optimální varianty a hodnocení variant podle těchto kritérií s přihlédnutím k riziku,
- volba optimální varianty, realizace vybrané varianty a její ověření z hlediska zadaného cíle.

Konkrétní stanovení finančních cílů může být vyjádřeno, buď jako jejich žádoucí stav, nebo stav dosažený v předchozím období, nebo dosažený ve srovnatelných podnicích. Musí však být respektovány omezující podmínky dané možnostmi podniku a celkovou situací ve společnosti, aby byla zaručena reálnost procesu rozhodování. Analýza informací a podklady pro finanční rozhodování se opírá o údaje finančního a manažerského účetnictví, statistické údaje, poznatky o vývoji na trhu zboží, práce, kapitálu atd.

Kritéria finančního rozhodování musí navazovat na stanovené finanční cíle, přičemž úlohu kritéria může někdy plnit přímo stanovený cíl. Stanovený cíl může být rozveden podrobněji tím, že je vyjádřen několika kritérii. Při řazení variant dle zvolených kritérií je nutné zohlednit i riziko. Tím jsou možné odchylky od původních variant. Právě zohledněním rizika se proces finančního rozhodování přiblíží více realitě. Završením celého procesu finančního rozhodování je volba optimální varianty. Za optimální je považována taková varianta, která nejlépe splňuje stanovený cíl při obvyklém riziku. V extrémních případech lze také vycházet z optimistické strategie, u které je volena varianta nezohledňující riziko vůbec, nebo pesimistické, kdy je volena varianta s rizikem nejmenším.

## ***2.2. Riziko ve finančním rozhodování***

Hospodářská činnost podniku [8,6] s sebou nese množství nebezpečí podnikatelského neúspěchu, který může ve svém důsledku narušit finanční rovnováhu celé firmy. Vynaložené prostředky mohou přinést velký zisk, ale mohou být také zcela ztraceny. To může hrozit

zejména při zavádění nových výrobků na neznámé trhy, při výzkumu a vývoji nových technologií, při investiční činnosti atd. Cílem rozhodování a finančního řízení je však ve většině případů opačná situace, při které může hospodářská činnost podniku vést k mimořádným úspěchům a posílení jeho finanční stability. Podnikatelské riziko lze definovat jako možnost odchýlení dosažených výsledků podnikání od výsledků předpokládaných a to jak příznivě, tak i nepříznivě. Vždy je spojeno s pravděpodobností budoucích výnosů. Podnikatelské riziko podniku vzniká v důsledku proměnlivosti hospodářských výsledků za určité období. Riziko spočívá v tom, že ten, kdo rozhoduje si není jist výsledky jednotlivých variant. Obvykle varianta s největším rizikem předpokládá i nejvyšší zisk a naopak varianta s menším rizikem předpokládá menší zisk. Příčiny vzniku podnikatelských rizik mohou být různé, obvykle se člení na objektivní, subjektivní, provozní, inovační nebo investiční. Na základě onoho členění mohou být rizika systematická, která vznikají v důsledku změn v celkovém ekonomickém prostředí, nebo nesystematická, která jsou typická pouze pro určité podniky či odvětví.

Důsledky rizika ve finančním rozhodování mohou být pro podnikatelský subjekt velmi významné. Proto by měl podnik proti negativním důsledkům uskutečňovat rizikovou politiku. Ta spočívá především v identifikaci příčin rizika, měření jeho stupně, kvantifikaci vlivu rizika na podnikatelské výsledky a ochraně proti nim. Riziko ztráty vynaložených prostředků se snižuje rozložením do více akcí, což je diverzifikace výrobního programu, transfer rizika na jiné subjekty nebo tvorbou rezerv všeho druhu. Ochrana proti rizikům však může mít na hospodaření nejen pozitivní, ale i některé negativní dopady. Negativními dopady mohou být růst nákladů nebo vznik některých sekundárních rizik, jako je například znehodnocení pojistných zásob v důsledku dlouhodobého skladování.

Mimo to existuje také finanční riziko, kterým je dodatečná proměnlivost podnikových výnosů na akcii. K tomu může dojít při zvýšeném využívání různých forem financování, které si vynucují fixní platby bez ohledu na to, jaký je vývoj finanční situace podniku. V praxi to znamená, že pokud v podniku stoupá podíl financování formou úvěrů, obligací nebo leasingových splátek je s tím spojeno také vyšší riziko platebních obtíží. Při posuzování finančního rizika nelze vycházet pouze z určitého stupně zadluženosti firmy ale podstatné je zohlednit také riziko plynoucí z investování peněžních prostředků do finančních a hmotných investic.

### **2.3. Investiční rozhodování**

Rozhodování o investicích [8,1] lze charakterizovat jako dlouhodobé rozhodování. Při něm je nezbytné zohlednit faktor času, který způsobuje, že časová hodnota peněz se v průběhu investice mění a riziko změn, ke kterým může dojít v průběhu přípravy a následné realizace projektu. Investice výrazně ovlivňují efektivnost veškeré činnosti podniku po několik let. Proto je jejich příprava a realizace náročná na komplexní znalost interních a externích podmínek, za kterých se investice uskutečňuje, a ve kterých bude působit. Finanční stránkou investičního rozhodování podniku se zabývá kapitálové plánování a dlouhodobé financování, které zahrnuje zejména tyto problémy:

1. Plánování peněžních toků z investic.
2. Finanční kritéria výběru investičních projektů.
3. Zohledňování rizika v kapitálovém plánování a investičním rozhodování.
4. Dlouhodobé financování investiční činnosti podniku.

Investice ovlivňují velmi citelně provozní výsledky hospodaření, a proto mají značný vliv na tržní hodnotu firmy. S ohledem na dlouhé časové období investic stoupá riziko správného odhadu budoucích peněžních příjmů a kapitálových výdajů. Stanovení dlouhodobých podnikových cílů, investiční strategie, vyhledávání a předinvestiční příprava rentabilních investičních projektů je předpokladem pro plánování peněžních toků plynoucích z investice. Cílem investiční politiky podniku je proto příprava, výběr a realizace takových investičních projektů a jejich variant, které přinášejí růst tržní hodnoty firmy. K růstu tržní hodnoty firmy mohou přispívat jen takové investiční projekty, jejichž čistá současná hodnota je pozitivní. To znamená, že součet současných hodnot budoucích peněžních toků plynoucích z investice je vyšší než kapitálové výdaje nutné na její realizaci. Kapitálové výdaje [Valach97] jsou očekávané peněžní výdaje, které vyvolávají očekávané peněžní příjmy po dobu delší než jeden rok. Pro posouzení efektivnosti podnikové investice je rozhodující vymezení skutečných kapitálových výdajů i ročních peněžních příjmů z investice. Tyto údaje jsou základem pro výpočet efektivity investice. Pokud však tyto údaje nepostihují co nejdříve očekávanou skutečnost dojde ke zkreslení úvahy o její efektivnosti.

Metody hodnocení investic [8,1,6] se dělí do dvou významných skupin. První skupinou jsou metody statické, které se používají zejména na poměrování peněžních přínosů z investice

s počátečními výdaji. Tyto metody se používají u méně významných projektů s nízkým stupněm rizika, protože nerespektují faktor času ani rizika. Tři základní metody jsou:

- Průměrný roční výnos, který lze vypočítat jako součet všech cash flow spojených s investicí dělený počtem let životnosti investice.
- Průměrná doba návratnosti udává dobu, za kterou dojde k splacení investice, lze ji vypočítat jako poměr celkové investice a průměrného ročního výnosu.
- Průměrný procentní výnos udává roční návratnost kapitálu v procentech a počítá se jako poměr průměrného ročního výnosu k celkové investici.

Druhou skupinou jsou metody dynamické, které k působení času i rizika na investici přihlížejí. Jednou z nejpoužívanějších a nejvhodnějších dynamických metod stanovení efektivnosti podnikových investic v tržní ekonomice je metoda čisté současné hodnoty [8,1]. Tuto metodu lze zjednodušeně charakterizovat jako porovnání kapitálových výdajů a příjmů z investice, avšak v jejich současné hodnotě. Čistá současná hodnota (1, 2) vyjadřuje rozdíl mezi aktualizovanou hodnotou peněžních příjmů z investice a aktualizovanou hodnotou kapitálových výdajů na investice. Ta varianta investice, která má vyšší aktualizovanou hodnotu, je považována za výhodnější. Výhodou této metody je, že dává srozumitelný výsledek a tím poskytuje jasná rozhodovací kritéria. Matematicky lze vyjádřit čistou současnou hodnotu takto:

$$\text{ČSH} = \sum_{n=1}^N P_n \frac{1}{(1+i)^n} - K, \quad (1)$$

nebo

$$\text{ČSH} = \frac{P_1}{(1+i)} + \frac{P_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{P_N}{(1+i)^N} - K, \quad (2)$$

kde ČSH je čistá současná hodnota investiční varianty,

$P_n$  je peněžní příjem v jednotlivých letech životnosti,

$i$  je očekávaná výnosnost investice,

$n = 1, 2, \dots, N$  jsou jednotlivá léta životnosti,

$N$  je doba životnosti,

K je kapitálový výdaj.

Přípustné jsou všechny varianty investice jejichž čistá současná hodnota je větší než nula. Pokud je čistá současná hodnota záporná nedojde realizací investice ani k navrácení vloženého kapitálu. Jestliže je čistá současná hodnota pozitivní, hodnota firmy se zvýší o částku čisté současné hodnoty.

Někdy se investiční varianty hodnotí indexem ziskovosti neboli rentability (3). Je to poměrový ukazatel, vyjadřující relativní vztah mezi aktualizovanými peněžními příjmy z investice a kapitálovými výdaji:

$$I = \frac{\sum_{n=1}^N P_n \frac{1}{(1+i)^n}}{K}, \quad (3)$$

kde I je index ziskovosti. Podobně jako u čisté současné hodnoty je podmínkou přijetí investice, aby index ziskovosti byl větší než jedna. V podstatě je to identické pravidlo, neboť pokud je hodnota budoucích příjmů větší než kapitálové výdaje je i současná čistá hodnota investice kladná. Index ziskovosti je doporučován jako kritérium výběru investičních projektů v těch případech, kdy je nutné vybírat mezi několika projekty, ale zdroje financování neumožňují přijmout všechny projekty, i když mají pozitivní čistou současnou hodnotu. Jestliže jsou zdroje financování investic omezeny je třeba řadit projekty tak, aby dohromady čistá současná hodnota všech projektů, omezena zdroji financování, byla co nejvyšší.

## **2.4. *Financování investic***

Financování investic [8,1] má dlouhodobý charakter a jejich cílem je zabezpečit finanční zdroje na efektivní investice s co nejnižšími průměrnými náklady kapitálu a nenarušit podstatně finanční riziko firmy. Zdroje financování investic lze rozdělit do dvou skupin. Jedna skupina jsou interní zdroje, kterými mohou být vklady vlastníků nebo společníků, odpisy, nerozdělený zisk, nebo výnosy z prodeje a z likvidace hmotného majetku a zásob. Druhou skupinou jsou externí zdroje, které představují určitou formu dluhu, který podnik musí v určené době splatit.

Odpisy hmotného a nehmotného investičního majetku jsou rozhodujícím zdrojem interního financování podniku. Jedná se o peněžní vyjádření postupného opotřebení majetku za určité období. Odpisy jsou sice nákladem, ale nejsou v daném čase peněžním výdajem. Odpisy by měly zohledňovat nejen fyzické opotřebení, ale i opotřebení s ohledem na technický pokrok. Zisk podniku [8] v poměru k vloženému kapitálu je jedním z nejdůležitějších měřítek úspěšnosti podnikání, výrazně ovlivňuje tržní hodnotu firmy. Růst tržní hodnoty firmy je hlavním cílem finančního řízení podniku. Nerozdělený zisk je jednou z položek celkového rozdělování zisku, která ohraničuje prostor jeho použití na investice. Použití nerozděleného zisku k samofinancování podnikového rozvoje se zvyšuje vlastní kapitál podniku. Samofinancováním ze zisku se snižují rizika ze zadlužení a je možné financovat i investice s vyšším rizikem, na které by bylo obtížné zajistit externí finanční zdroje.

Externích zdrojů pro financování investic je celá řada a jsou pevně spjaté s rozvojem a inovacemi na finančních trzích. Nejobvyklejšími formami externích zdrojů financování jsou akcie, obligace, ostatní dlouhodobé a střednědobé dluhy a finanční leasing. Tyto zdroje umožňují pružně reagovat na změny potřeb peněžních prostředků a přispívají ke zvýšení efektivnosti podnikání. Nákladem za používání externího kapitálu jsou úroky a ostatní výdaje spojené s jeho získáním. Externí zdroje zvyšují nároky na udržování likvidity podniku, aby podnik byl schopen hradit své závazky. Přesto je cizí kapitál obvykle levnější než kapitál vlastní.

## ***2.5. Finanční analýza jako podklad pro finanční rozhodování***

Finanční analýza [8,1] představuje významnou součást finančního řízení podniku, která zajišťuje zpětnou vazbu mezi předpokládaným efektem řídicích rozhodnutí a skutečností. Zdrojem pro finanční analýzu jsou data získaná ze základních finančních výkazů, kterými jsou rozvaha, výkaz zisku a ztrát, přehled o finančních tocích nebo ekonomických statistik a údajů z peněžního a kapitálového trhu. Nedostatkem těchto účetních informací je, že zobrazují minulost, popřípadě současnost, ale neobsahují výhledy do budoucnosti. Tyto nedostatky pomáhá překonávat finanční analýza tím, že údaje poměruje mezi sebou navzájem a rozšiřuje tak jejich vypovídací schopnost o minulosti, současnosti a předpokládané budoucnosti finančního hospodaření podniku.

Základním metodickým nástrojem finanční analýzy jsou tzv. finanční poměrové ukazatele. Tyto ukazatele však nepředstavují naprosto přesná měřítka pro sledované charakteristiky hospodaření podniku, ale mají pravděpodobnostní charakter. Těchto ukazatelů je velké množství a proto se sdružují do skupin podle aspektu finančního stavu podniku.

První skupinou jsou ukazatele rentability, určené k hodnocení a celkovému posouzení efektivnosti podniku. Efektivnost podniku je schopnost vytvářet nové zdroje a dosahovat zisku prostřednictvím investovaného kapitálu. Rentabilita [8,1] je zpravidla definována jako poměr zisku a vloženého kapitálu. Podle interpretace vloženého kapitálu do uvedeného vztahu rozlišujeme tři základní ukazatele rentability. Pokud do jmenovatele dosadíme celkový vložený kapitál získáme ukazatel rentability celkového kapitálu, který odráží výkonnost celkového kapitálu u všech aktivit bez ohledu na to z jakých zdrojů byly financovány. Tyto ukazatele jsou dále modifikovány způsobem specifikace zisku dosazovaného do vztahu (před zdaněním spolu s úroky, po zdanění spolu s úroky, popřípadě pouze čistý zisk). Dalším ukazatelem je rentabilita vlastního kapitálu, který vyjadřuje výnosnost kapitálu vloženého akcionáři. Tento ukazatel je definován jako poměr čistého zisku a vlastního jmění. Hodnota tohoto ukazatele by měla být pro udržení zájmu investorů vyšší než míra výnosnosti bezrizikové alokace kapitálu na finančním trhu. Součástí analýzy rentability je pyramidový rozklad rentability na dílčí ukazatele ve vztahu k ukazatelům syntetickým, čímž lze identifikovat objektivní vazby mezi nimi a vliv změn hodnot jednotlivých příčinných ukazatelů na změnu hodnoty ukazatele rentability. Samostatnou podskupinou jsou ukazatele aktivity, neboli vázanosti kapitálu. Nejčastěji sledují obrat zásob, obrat pohledávek a obrat stálých aktiv. Rychlost obratu zásob je definována jako poměr tržeb a průměrného stavu zásob všeho druhu. Výsledkem je absolutní číslo, které vyjadřuje kolikrát se přemění zásoby v ostatní formy oběžného majetku až po prodej hotových výrobků a opětný nákup zásob. Doba obratu zásob je dána poměrem průměrného stavu zásob a průměrných denních nákladů. Tento ukazatel se považuje za ukazatel intenzity využití zásob. Rychlost obratu pohledávek je dána poměrem tržeb a průměrného stavu pohledávek. Vyjadřuje, jak rychle jsou pohledávky přeměňovány v peněžní prostředky. I u pohledávek lze vyjádřit dobu obratu pohledávek, která vyjadřuje kolik dní se majetek podniku vyskytuje ve formě pohledávek a je dán poměrem 365 ku rychlosti obratu pohledávek.

Druhou skupinou jsou ukazatele zadluženosti [8,1], které vyjadřují míru cizích zdrojů použitých k financování svých aktiv a činností. Používání těchto zdrojů ovlivňuje jak výnosnost kapitálu akcionářů, tak riziko. Obecně je ukazatel zadluženosti vyjádřen jako poměr cizího a vlastního kapitálu. Jedním z nich je ukazatel věřitelského rizika, který je



vyjádřen, jako poměr celkových závazků k celkovým aktivům. Z toho vyplývá, že čím vyšší je hodnota tohoto ukazatele, tím vyšší je zadluženost podniku a současně i riziko věřitelů a akcionářů. K měření zadluženosti lze použít i další ukazatele, jako například poměr vlastního jmění k celkovému kapitálu, který se používá pro hodnocení hospodářské a finanční stability podniku.

Třetí skupinou jsou ukazatele platební schopnosti [Valach97, Kislingerová04], neboli likvidity. Obecně jsou tyto ukazatele definovány jako poměr mezi položkami aktiv a položkami pasiv. Likvidita je měřítkem krátkodobé nebo dlouhodobé schopnosti podniku uhradit splatné závazky. Ukazatel běžné likvidity je dán poměrem položek oběžných aktiv a krátkodobých závazků. Vyjadřuje v podstatě kolikrát pokrývají oběžná aktiva krátkodobé závazky podniku, tak aby podnik nebyl nucen k hrazení krátkodobých závazků prodávat hmotný investiční majetek. Čím vyšší je tedy hodnota ukazatele, tím pravděpodobnější je zachování platební schopnosti podniku. Tento ukazatel však nepřihlíží ke struktuře oběžných aktiv z hlediska jejich likvidnosti a struktuře krátkodobých závazků z hlediska doby splatnosti. K potlačení těchto nepřesností se využívá ukazatel pohotové likvidity, jejíž vyjádření je stejné, pouze oběžná aktiva zde nezahrnují hodnotu zásob. Vypovídací schopnost tohoto ukazatele je zejména v jeho změnách v závislosti na čase. Likvidita je zajištěna při hodnotě vyšší než 1, pokud je však hodnota příliš vysoká poukazuje na příliš vysoký objem aktiv vázaných ve formě pohotových prostředků, které přinášejí jen malý nebo žádný úrok. Posledním ukazatelem tohoto typu je ukazatel peněžní likvidity, který je dán poměrem finančního majetku a krátkodobých závazků.

Čtvrtou skupinou jsou ukazatele postavení podniku na kapitálovém trhu, které jsou obecně dané poměrem dividendy a zisku na jednu akcii. Jedním z ukazatelů je výplatní poměr, který vyjadřuje, jak velký podíl vytvořeného čistého zisku je vyplácen akcionářům v podobě dividend. Rozdílem mezi 1 a tímto ukazatelem se získá aktivační poměr, který vyjadřuje podíl zisku reinvestovaného zpět do podniku. Dalším ukazatelem je dividendový výnos, který je dán poměrem dividendy a tržní ceny akcie. Naopak, kapitálový výnos sledující růst tržní hodnoty akcie je dán poměrem tržní ceny akcie a zisku po zdanění na akcii.

Jak bylo výše uvedeno jednotlivé ukazatele mají svoji specifickou vypovídací hodnotu pro určitou oblast činnosti firmy. K posouzení celkové situace podniku je třeba většinou zhodnotit několik těchto ukazatelů současně. Zhodnocení většího množství ukazatelů umožňují bonitní a bankrotní modely. Bankrotní a bonitní modely [5] jsou si značně podobné, neboť oba umožňují přiřadit firmě jeden výsledný hodnotící koeficient. Rozdíl je v jejich účelu a datech, ze kterých vycházejí.

Bonitní modely odpovídají na otázku, zda jde o dobrou nebo špatnou firmu na základě jednoho syntetického ukazatele. Tyto modely jsou založené na teoretických poznatcích a porovnávají firmu s oborovými výsledky, tedy se souborem podnikatelských subjektů působících ve stejném oboru. Modely umožňují kombinování kvalitativních a kvantitativních ukazatelů a jejich výsledky jsou přehledné a názorné. Nevýhodou však může být subjektivní pohled hodnotitele, který je ovlivněn jeho odborností. Při konstrukci těchto modelů lze použít dvě skupiny metod, metody komparativně-analytické a matematicko-statistické. Komparativně-analytické metody používají zejména verbální ukazatele, tedy slovně vyjádřenou úroveň. Jednou z těchto metod je SWOT analýza, ta sleduje silné a slabé stránky, příležitosti a hrozby sledované firmy. Další je metoda kritických faktorů úspěšnosti, která slouží k vlastnímu hodnocení firmy a ke komparaci kritických faktorů úspěšnosti sledované firmy s rozhodujícími konkurenty v odvětví. Poslední je metoda analýzy portfolia dvou dimenzí, které představují atraktivnost trhu a konkurenční způsobilost firmy. Pomocí bodového hodnocení každé dimenze sestavíme graf. Z polohy průsečíku je pak zřejmá poloha firmy na trhu. Matematicko-statistické metody vycházejí z transformace různých ukazatelů do jednoho integrálního ukazatele, který vyjadřuje úroveň hodnocené firmy. Tyto metody využívají matici objektů a jejich ukazatelů, jejichž význam je určen přiřazenými vahami. Z hodnot jednotlivých ukazatelů je pomocí vah vypočítán integrální ukazatel.

Bankrotní modely mají indikovat skutečnost, že firmě hrozí v blízké budoucnosti bankrot. Tyto modely jsou odvozeny z reálných situací u firem, které v minulosti zbankrotovaly nebo velmi dobře prosperovaly. Bankrotní modely se snaží indikovat dopředu finančně-ekonomické symptomy, které jsou charakteristické pro ohrožené firmy. Přitom vychází zejména z podílu těchto ukazatelů:

1. cash flow / cizí kapitál,
2. čistý zisk / celková aktiva,
3. cizí kapitál / celková aktiva,
4. čistý pracovní kapitál / celková aktiva.

Jedním z modelů je rychlý test, který umožňuje pomocí různých ukazatelů v krátkém časovém horizontu oklasifikovat analyzovanou firmu. Z každé oblasti analýzy, tedy stability, likvidity, rentability a hospodářského výsledku, je zastoupen jeden ukazatel. Kvóta vlastního kapitálu charakterizuje dlouhodobou finanční stabilitu a samostatnost firmy. Vyjadřuje v jakém poměru pokrývá firma své potřeby z vlastních zdrojů. Další ukazatel je doba splácení

dluhu z cash flow, který vyjadřuje, za jak dlouhé časové období je podnik schopen uhradit své závazky. Tyto dva ukazatele společně charakterizují finanční stabilitu sledované firmy.

Index bonity (4) je založen na multivariační diskriminační analýze a pracuje s těmito ukazateli:

1.  $x_1$  = cash flow / cizí zdroje,
2.  $x_2$  = celková aktiva / cizí zdroje,
3.  $x_3$  = zisk před zdaněním / celková aktiva,
4.  $x_4$  = zisk před zdaněním / celkové výkony,
5.  $x_5$  = zásoby / celkové výkony,
6.  $x_6$  = celkové výkony / celková aktiva.

Index bonity pak můžeme vypočítat z rovnice:

$$B_i = 1,5 \cdot x_{i1} + 0,08 \cdot x_{i2} + 10 \cdot x_{i3} + 5 \cdot x_{i4} + 0,3 \cdot x_{i5} + 0,1 \cdot x_{i6} . \quad (4)$$

Čím větší hodnotu indexu dostaneme, tím je finančně ekonomická situace firmy lepší.

Altmanova formule bankrotu (Z-skóre) vychází z diskriminační funkce (5) zvláště pro firmy s akciemi veřejně obchodovatelnými na burze a zvláště pro předvídání finančního vývoje ostatních firem. Z-skóre pro firmy s veřejně obchodovatelnými akciemi se vypočítá podle vztahu:

$$Z_i = 1,2 \cdot A + 1,4 \cdot B + 3,3 \cdot C + 0,6 \cdot D + 1,0 \cdot E , \quad (5)$$

kde A = pracovní kapitál / celková aktiva,

B = zisk po zdanění / celková aktiva,

C = zisk před zdaněním a úroky / celková aktiva,

D = tržní hodnota vlastního kapitálu / celkové dluhy,

E = celkové tržby / celková aktiva.

Pro předvídání finančního vývoje ostatních firem se index počítá ze vztahu (6):

$$Z_i = 0,717 \cdot A + 0,847 \cdot B + 3,107 \cdot C + 0,42 \cdot D + 0,998 \cdot E , \quad (6)$$

kde A, B, C a E jsou definována stejně a D je stanoven jako podíl základního jmění k celkovým dluhům. U obou indexů opět platí, že čím větší je jeho hodnota, tím je finančně ekonomická situace firmy lepší.

Index IN (7) vznikl na základě modelů, ratingů a praktických zkušeností při analýzách finančního zdraví podniků. Index se vypočítá pomocí vztahu:

$$Z_i = V_1 \cdot A + V_2 \cdot B + V_3 \cdot C + V_4 \cdot D + V_5 \cdot E + V_6 \cdot F, \quad (7)$$

kde A = aktiva / cizí kapitál,

B = EBIT / nákladové úroky,

C = EBIT / celková aktiva,

D = tržby / celková aktiva,

E = oběžná aktiva / krátkodobé závazky,

F = závazky po lhůtě splatnosti / tržby,

V = váhy jednotlivých ukazatelů.

Váhy se vypočtou jako podíl významnosti ukazatele ke kriteriální hodnotě ukazatele. Významnost jednotlivých ukazatelů je stanovena na základě analýz empiricko-induktivních ukazatelů.

Beermanova diskriminační funkce (8) je určena pro hodnocení současné finanční situace a prognózu vývoje v řemeslných a výrobních firmách. Tato funkce má tvar:

$$BDF_i = 0,217 \cdot x_{i1} + (-0,063) \cdot x_{i2} + 0,012 \cdot x_{i3} + 0,077 \cdot x_{i4} + (-0,105) \cdot x_{i5} + (-0,813) \cdot x_{i6} + 0,165 \cdot x_{i7} + 0,161 \cdot x_{i8} + 0,268 \cdot x_{i9} + 0,124 \cdot x_{i10}, \quad (8)$$

kde  $x_1$  = odpisy HIM / (počáteční stav HIM + přírůstek),

$x_2$  = přírůstek HIM / odpisy HIM,

$x_3$  = zisk před zdaněním / tržby,

$x_4$  = závazky vůči bankám / celkové dluhy,

$x_5$  = zásoby / tržby,

$x_6$  = cash flow / celkové dluhy,

$x_7$  = celkové dluhy / aktiva,

$x_8$  = zisk před zdaněním / celková aktiva,

$x_9$  = tržby / celková aktiva,

$x_{10}$  = zisk před zdaněním / celkové dluhy.

Platí, že čím je hodnota funkce nižší než 0,3, tím lepší finanční vývoj můžeme předikovat.

## ***2.6. Dílčí závěry***

Finanční rozhodování je jednou z nejdůležitějších činností při řízení podniku, která zabezpečuje jeho efektivní chod. Je to proces ekonomických činností směřující k dosahování finančních cílů podniku. S přihlédnutím k faktoru času a s tím spojeným stupněm rizika změn rozdělujeme finanční rozhodování na krátkodobé a dlouhodobé. Z globálního hlediska je však krátkodobé finanční rozhodování do značné míry ovlivněno dlouhodobým a naopak. Oba typy rozhodování se člení do několika fází, které vycházejí ze stanovených finančních cílů a směřují ke konečnému rozhodnutí. Každé finanční rozhodování je ovlivněno určitou mírou rizika podnikatelského neúspěchu, které je způsobeno změnami v interním a externím ekonomickém prostředí. Jedním z nejzásadnějších je rozhodování o investicích, které následně ovlivňuje efektivnost činnosti podniku po dlouhé období, zpravidla několika let. Pro posouzení efektivnosti podnikových investic existuje několik metod, které se dělí na statické, které nejsou tak významné a dynamické, které přihlížejí k faktoru času a rizika. Jednou z nejvýznamnějších dynamických metod je metoda čisté současné hodnoty. Tato metoda vyjadřuje rozdíl mezi aktualizovanou hodnotou peněžních příjmů z investice a aktualizovanou hodnotou kapitálových výdajů na investici. Zdroje k financování investic lze rozdělit na interní a externí. Stanovení poměru těchto zdrojů při financování investice je významnou součástí finančního rozhodování. Podkladem finančního rozhodování a zároveň zpětnou vazbou mezi předpokládaným efektem a skutečností je finanční analýza. Podkladem finančních analýz jsou data vypovídající o hospodaření podniku, která jsou získána ze základních finančních výkazů. Tato data nemají většinou sama o sobě dostatečnou vypovídací schopnost a proto jsou pomocí finanční analýzy poměřovány mezi sebou navzájem. K tomu slouží ukazatele rentability, zadluženosti, likvidity nebo kapitálového trhu. Výsledkem těchto finančních poměrových ukazatelů jsou závěry o celkovém hospodaření a finanční situaci podniku. Využitím kombinací těchto ukazatelů jsou sestavovány modely,

které se člení na bonitní a bankrotní. Bonitní modely syntetizují tyto ukazatele a ve výsledku vyjadřují finanční situaci podniku. Bankrotní modely pomocí vybraných ukazatelů pomáhají s předstihem indikovat ohrožení finančního zdraví firmy. Zjednodušeně lze bonitní modely charakterizovat jako zhodnocení dosažených výsledků a stanovení jejich příčin, naopak bankrotní modely slouží k předvídání a identifikaci budoucích problémů.

### **3. Fuzzy inferenční systémy**

Pro finanční rozhodování je typické použití přirozeného jazyka. Přirozený jazyk se vyznačuje vágností sémantiky, a proto ho nelze převést přímo do matematických formulí. Finanční řízení a rozhodování podniku je těsně spjata i s vnějším finančně-ekonomickým prostředím, ve kterém podnik funguje. Vyjádření všech těchto vlivů pomocí přesných čísel by neodpovídalo realitě, bylo by časově velice náročné a výsledné číslo by bylo obtížně interpretovatelné. Zejména faktor času má při rozhodování zásadní roli, neboť rozhodnutí učiněné na základě přesných informací, které není učiněno v reálném čase je z praktického hlediska neupotřebitelné. Tyto problémy je možné minimalizovat za pomoci fuzzy logiky, která umožňuje modelovat význam slov přirozeného jazyka a pracovat s určitou mírou nepřesnosti.

V této kapitole jsou proto popsány základní pojmy z oblasti fuzzy logiky. Ta pracuje s fuzzy množinami, jazykovými proměnnými, fuzzy výroky, atd. Rovněž je zde uvedena všeobecná struktura fuzzy inferenčního systému a jeho jednotlivé typy. Rozveden je proces fuzzifikace vstupních proměnných a aplikace operátorů v podmíněných pravidlech. Závěrečnou částí jsou metody defuzzifikace, pomocí kterých je přiřazena ostrá hodnota výstupní proměnné.

#### **3.1. Fuzzy logika**

Historie vědomého používání fuzzy logiky začíná v druhé polovině 20. století, kdy v roce 1965 na Kalifornské univerzitě v Berkeley profesor informatiky Lofti A. Zadeh definoval hlavní zásady fuzzy logiky. Zpočátku byla fuzzy logika využívána zejména k řízení průmyslových procesů. S postupným vývojem se však stále více uplatňuje i při rozhodování v netechnických disciplínách. Fuzzy logika je matematická disciplína, která umožňuje zahrnout nepřesnost a umožňuje pracovat s přirozeným jazykem. Jedná se tedy o využití znalostí a zkušeností člověka, která jsou formou definovaných pravidel, využívána v automatizovaném procesu řízení (rozhodování). Fuzzy logika tedy najde uplatnění všude tam, kde řešíme problém spojený s neurčitostí nebo nepřesností, případně je problém silně ovlivněn subjektivním úsudkem rozhodovatele. Fuzzy logika se snaží pokrýt realitu v její neurčitosti a nepřesnosti, kde přílišná snaha o přesnost popisů by vedla k odklonu od reality.

Samotný pojem fuzzy logika se nepřekládá a v českém jazyce je mu nejbližší výraz neostrá, mlhavá logika, čímž je vyjádřen rozdíl od ostré Boolovy logiky, která je založena na dvou stavech, pravda nebo nepravda.

Podle současné klasifikace se fuzzy logika [2,4] dělí na fuzzy logiku v užším a širším smyslu. Fuzzy logika v užším smyslu je speciální vícehodnotová logika, jejímž cílem je poskytnout prostředky pro modelování fenoménu vágnosti pomocí zavedení stupňů. Fuzzy logika v širším smyslu zahrnuje zejména teorii přibližné dedukce, tj. model lidského usuzování, jehož charakteristickým znakem je používání přirozeného jazyka [2]. Proto jsou zavedeny základní pojmy fuzzy logiky, a to fuzzy množiny, jazyková proměnná, fuzzy výroky, atd. Pomocí těchto pojmů je možné definovat základní typy fuzzy inferenčních systémů.

### **3.2. Fuzzy množiny**

Základním principem fuzzy logiky je teorie fuzzy množin, jejíž myšlenka je poměrně jednoduchá a přirozená. Základní podmínkou je transformace jazykových prvků do kvantifikované stupnice, čímž je umožněno zpracovávat nenumerické informace pomocí lingvistické proměnné.

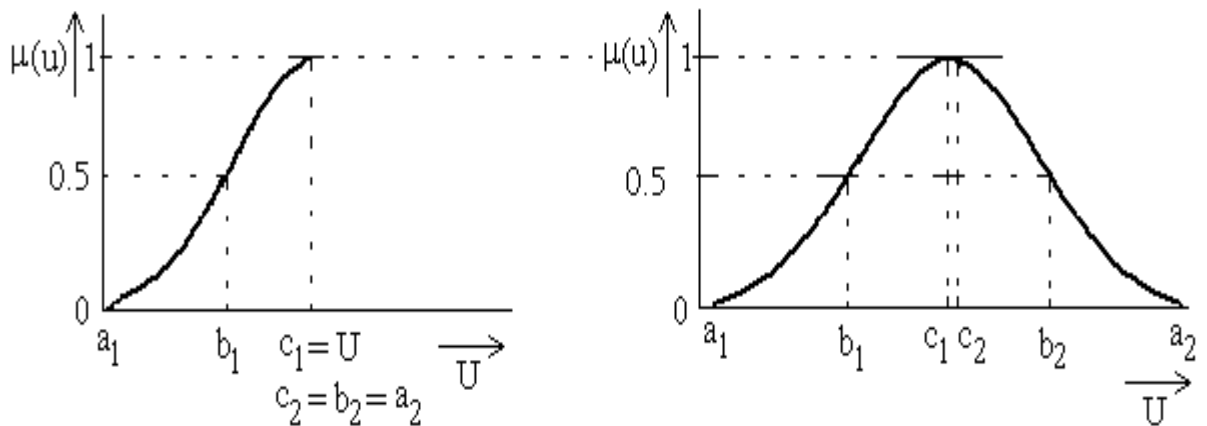
Pokud není možné stanovit přesné hranice množiny nahradíme rozhodnutí o náležitosti nebo nenáležitosti nějakého prvku do množiny určitou mírou vybranou z předem definovaného intervalu. Hlavní rozdíl je tedy v tom, že v klasické teorii množin je ostrá hranice mezi tím, zda prvek do množiny patří nebo nepatří. U klasických množin se pracuje s dvouprvkovou množinou hodnot  $\{0,1\}$ , které vyjadřují, že prvek do množiny patří „1“ nebo nepatří „0“. Ve fuzzy logice se tato dvouprvková množina rozšíří na celý interval možných hodnot  $\langle 0,1 \rangle$ . To znamená, že každý prvek množiny je do množiny přiřazen na základě určité míry příslušnosti, přičemž 0 a 1 jsou mezní hodnoty. Funkce, která výše uvedenou míru příslušnosti určuje nazýváme funkcí příslušnosti (9). Funkce příslušnosti  $\mu_A$  fuzzy množiny A [2,4] je funkce:

$$\mu_A : U \rightarrow [0,1], \text{ kde } U \text{ je univerzum.} \quad (9)$$

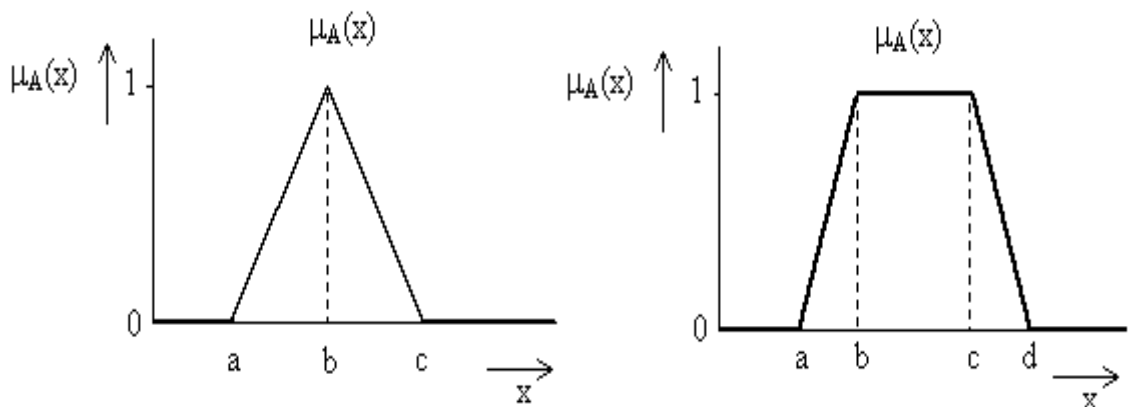
Každý prvek  $x \in U$  má stupeň příslušnosti  $\mu_A(x) \in [0,1]$ . Tvar funkce příslušnosti může být různý. Na obr. 1 jsou uvedeny funkce příslušnosti typu S a  $\Pi$ , trojúhelníková a



lichoběžníková funkce příslušnosti jsou uvedeny na obr. 2. Určení funkcí příslušnosti je možné expertně (dotazováním expertů) nebo automaticky z dat [4].



**Obr. 1** Funkce příslušnosti typu S a  $\Pi$  [4]



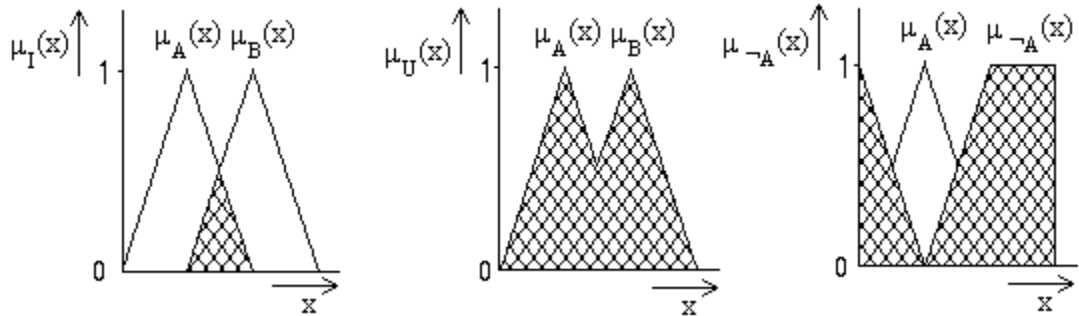
**Obr. 2** Trojúhelníková (vlevo) a lichoběžníková (vpravo) funkce příslušnosti [4]

**Legenda:** a, b, c, d jsou parametry funkce příslušnosti.

Fuzzy množina A [2] je jednoznačně určena (10) prvkem  $x \in U$  a jemu odpovídající hodnotou funkce příslušnosti  $\mu_A(x)$ , tj. množinou dvojic  $(x, \mu_A(x))$  takto:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) / x \in U\}. \tag{10}$$

Dále jsou uvedeny základní operace s fuzzy množinami [2,4]. Necht'  $A, B, C$  jsou fuzzy množiny a  $\emptyset$  je prázdná množina. Potom lze definovat funkce příslušnosti  $\mu_I(x)$ ,  $\mu_U(x)$ ,  $\mu_{\neg A}(x)$  znázorněné na obr. 3.



**Obr. 3** Funkce příslušnosti  $\mu_I(x)$ ,  $\mu_U(x)$ ,  $\mu_{\neg A}(x)$  [4]

Funkci příslušnosti  $\mu_I(x)$  průniku  $I=A \cap B$  ve tvaru (11):

$$\mu_I(x) = \text{MIN}\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}, \quad (11)$$

s těmito vlastnostmi:  $A \cap X = A$ ,  $A \cap \emptyset = \emptyset$ ,  $A \cap B = B \cap A$ ,  $A \cap (B \cap C) = (A \cap B) \cap C$ . Funkci příslušnosti  $\mu_U(x)$  sjednocení  $U=A \cup B$  ve tvaru (12):

$$\mu_U(x) = \text{MAX}\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}, \quad (12)$$

s těmito vlastnostmi:  $A \cup X = X$ ,  $A \cup \emptyset = A$ ,  $A \cup B = B \cup A$ ,  $A \cup (B \cup C) = (A \cup B) \cup C$  a funkci příslušnosti  $\mu_{\neg A}(x)$  doplňku  $\neg A = 1 - A$  ve tvaru (13):

$$\mu_{\neg A}(x) = 1 - \mu_A(x). \quad (13)$$

Třída funkcí, která vyhovuje (11) se nazývá trojúhelníková norma (t-norma) [4]. Může být vyjádřena (14) následujícím způsobem:

$$I = A \cap B \Leftrightarrow \forall x \in X: \mu_I(x) = \mu_A(x) \text{ t } \mu_B(x) \leq \text{MIN}\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}. \quad (14)$$

Nechť t-norma je zobrazení  $t: [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1] \forall w,x,y,z \in [0,1]$ . Potom t-norma je:

$$\begin{aligned} t(x,y) \leq t(w,z), x \leq w, y \leq z, & \quad \text{monotónní,} \\ t(x,y) = t(y,x), & \quad \text{komutativní,} \\ t(t(x,y),z) = t(x,t(y,z)), & \quad \text{asociativní,} \\ t(x,1) = x, t(0,1)=0, & \quad \text{ohraničená.} \end{aligned}$$

Třída funkcí, která vyhovuje (12) se nazývá s-norma (t-conorma) [4]. Může být vyjádřena (15) následujícím způsobem:

$$U = A \cup B \Leftrightarrow \forall x \in X: \mu_U(x) = \text{MAX}\{\mu_A(x), \mu_B(x)\} \leq \mu_A(x) \text{ s } \mu_B(x). \quad (15)$$

Nechť s-norma je zobrazení  $s: [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1] \forall w,x,y,z \in [0,1]$ . Potom s-norma je:

$$\begin{aligned} s(x,y) \leq s(w,z), \forall x \leq w, y \leq z, & \quad \text{monotónní,} \\ s(x,y) = s(y,x), & \quad \text{komutativní,} \\ s(s(x,y),z) = s(x,s(y,z)), & \quad \text{asociativní,} \\ s(x,0) = x, s(1,0) = 1, & \quad \text{ohraničená.} \end{aligned}$$

Funkce příslušnosti (11), (12) a (13) definované pomocí operací konjunkce, disjunkce a negace nad fuzzy množinami jsou používané nejčastěji. Operací, které mohou reprezentovat průnik fuzzy množin (t-norma) a sjednocení fuzzy množin (s-norma), je celá řada. Jsou uvedeny např. v [2].

### ***3.3. Všeobecná struktura fuzzy inferenčních systémů***

Fuzzy množiny jsou vhodným nástrojem pro interpretaci významu slov. Základním prvkem přibližného usuzování je jazyková proměnná [2,7]. Reprezentuje znalost a její hodnoty jsou slova přirozeného jazyka. Hodnoty jazykové proměnné se obecně nazývají jazykové výrazy. Podle [2] je jazyková proměnná definovaná jako šestice

$$JP = \langle X, T(X), G, M, P, SP \rangle, \quad (16)$$

- kde:
- X je jméno jazykové proměnné,
  - T(X) je množina hodnot JP - jazykových výrazů,
  - G je syntaktické pravidlo, pomocí kterého jsou tvořeny jazykové výrazy z množiny T(X),
  - M je množina kanonických objektů,
  - P={V | V je možný svět} je třída možných světů,
  - SP je sémantické pravidlo, přiřazující každému jazykovému výrazu jeho význam.

Pojem jazykové proměnné je vhodný zejména při popisu rozměrů či velikostí. V této souvislosti je důležité uvést pojem fuzzy výrok [2,7]. Nejjednodušší fuzzy výrok se nazývá atomický. Je definován pomocí funkce příslušnosti  $\mu_A$ , která je definována na univerzu U. Hodnota funkce příslušnosti  $\mu_A(x)$  potom určuje stupeň, s jakým ostrá hodnota proměnné x patří do fuzzy množiny A. Atomické fuzzy výroky mohou být spojeny spojkami AND, OR, NOT a vytvářejí tak složené fuzzy výroky. Potom, výroková fuzzy logika – VFL (17) [Olej03, Novák86] je algebraický systém:

$$VFL = \langle [0,1], \wedge, \vee, \neg \rangle, \quad (17)$$

- kde:
- uzavřený interval [0,1] je množina pravdivostních hodnot fuzzy výroku,
  - $\wedge$  je operace konjunkce,
  - $\vee$  je operace disjunkce,
  - $\neg$  je operace negace.

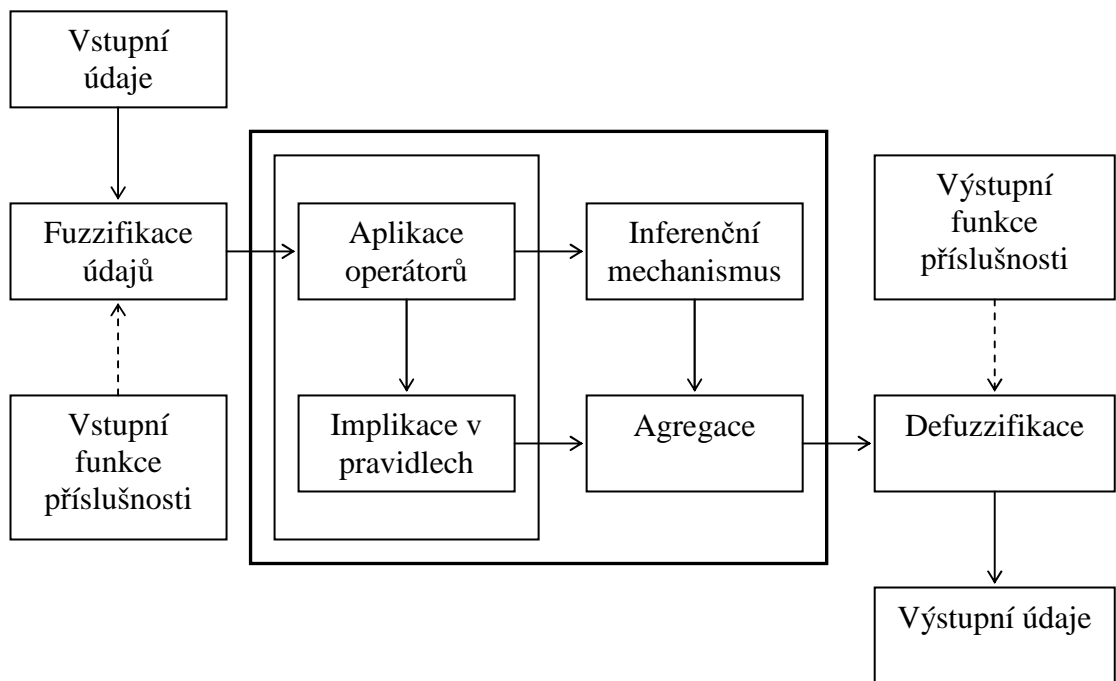
Pravdivostní hodnota fuzzy výroku blíží se ke krajním hodnotám určuje vyšší jistotu o pravdivosti nebo nepravdivosti fuzzy výroku. Při hodnotě 0,5 se nelze s jistotou o pravdivosti výroku vyjádřit.

Fuzzy podmíněná pravidla jsou využívána prakticky ve všech oblastech rozhodování a rozpoznávání. Fuzzy výrok typu IF-THEN [2,4] se nazývá fuzzy implikace (podmíněné pravidlo) a je symbolicky vyjádřen takto:

$$\text{IF (fuzzy výrok) THEN (fuzzy výrok)}, \quad (18)$$

- kde:
- fuzzy výrok je buď atomický nebo složený,
  - fuzzy výrok před THEN se nazývá antecedent (předpoklad),
  - fuzzy výrok za THEN se nazývá konsekvent (závěr).

Všeobecná struktura fuzzy inferenčního systému [4,2] je znázorněná na obr. 4. Obsahuje proces fuzzifikace vstupních proměnných pomocí funkcí příslušnosti, návrh báze podmíněných pravidel nebo automatickou extrakci podmíněných pravidel ze vstupních údajů, aplikaci operátorů (AND, OR, NOT) v podmíněných pravidlech, implikaci a agregaci v rámci těchto pravidel a proces defuzzifikace získaných výstupů na ostré hodnoty.



**Obr. 4 Všeobecná struktura fuzzy inferenčního systému [4]**

V procesu fuzzifikace jsou vstupy transformovány do oboru hodnot vstupních funkcí příslušnosti. Inferenční mechanismus je založený na operacích fuzzy logiky a implikaci v rámci podmíněných pravidel [2,3]. Na základě agregačního procesu jsou transformovány výstupy jednotlivých podmíněných pravidel do výstupní fuzzy množiny. V procesu defuzzifikace je provedena konverze fuzzy hodnot na očekávané ostré hodnoty.

Návrh tvaru, počtu a parametrů vstupních a výstupních funkcí příslušnosti lze realizovat pomocí expertů nebo generovat automaticky, např. pomocí neuronové sítě. Při expertním návrhu jsou dotazováni experti na danou problematiku, při automatickém návrhu jsou funkce

příslušnosti extrahovány ze vstupně-výstupních dat. Při tomto návrhu se používají především trojúhelníkové, lichoběžníkové a jiné funkce příslušnosti. Vstupem do fuzzifikačního procesu je ostrá hodnota, která je dána univerzem (referenční množinou)  $U$ . Výstupem fuzzifikačního procesu je hodnota funkce příslušnosti  $\mu_A(x)$ . Báze podmíněných pravidel se skládá z podmíněných pravidel [2,3]. Tato pravidla se používají pro tvorbu fuzzy podmíněných výroků, které tvoří základ fuzzy inferenčních systémů.

Na základě všeobecné struktury fuzzy inferenčních systémů lze navrhnout tři základní typy fuzzy inferenčních systémů, a to typ Mamdani, typ Takagi-Sugeno a typ Tsukamoto [3]. Tyto typy fuzzy inferenčních systémů se liší ve způsobu určení výstupů. Různá formulace výstupů způsobuje odlišnou konstrukci podmíněných pravidel. Podmíněná pravidla lze získat pomocí expertů nebo prostřednictvím extrakce ze vstupně-výstupních dat [3]. Fuzzifikace vstupních proměnných a aplikace operátorů v podmíněných pravidlech jsou ve všech typech fuzzy inferenčních systémů stejné.

Nechť  $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n$  jsou vstupní proměnné definované na referenčních množinách  $X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_n$  a  $y$  je výstupní proměnná definovaná na referenční množině  $Y$ . Potom fuzzy inferenční systém má  $n$  vstupních proměnných a jednu výstupní proměnnou. Každou množinu  $X_i$ ,  $i=1,2, \dots, n$ , lze rozdělit na  $p_j$ ,  $j=1,2, \dots, m$ , funkcí příslušnosti  $\mu_1^{(i)}(x), \mu_2^{(i)}(x), \dots, \mu_{p_j}^{(i)}(x), \dots, \mu_m^{(i)}(x)$ . Jednotlivé funkce příslušnosti  $\mu_1^{(i)}(x), \mu_2^{(i)}(x), \dots, \mu_{p_j}^{(i)}(x), \dots, \mu_m^{(i)}(x)$ ,  $i=1,2, \dots, n$ ;  $j=1,2, \dots, m$  představují přiřazení hodnot jazykových proměnných, které se vztahují k množinám  $X_i$ . Podobně množina  $Y$  je rozdělena na  $p_k$ ,  $k=1,2, \dots, o$ , funkcí příslušnosti  $\mu_1(y), \mu_2(y), \dots, \mu_{p_k}(y), \dots, \mu_o(y)$ . Funkce příslušnosti  $\mu_1(y), \mu_2(y), \dots, \mu_{p_k}(y), \dots, \mu_o(y)$  představují přiřazení hodnot jazykových proměnných pro množinu  $Y$ . Potom podmíněné pravidlo (19) u fuzzy inferenčních systémů typu Mamdani lze zapsat ve tvaru [Olej03, Novák00]

$$\text{IF } x_1 \text{ is } A_1^{(i)} \text{ AND } x_2 \text{ is } A_2^{(i)} \text{ AND } \dots \text{ AND } x_n \text{ is } A_{p_j}^{(i)} \text{ THEN } y \text{ is } B, \quad (19)$$

kde: -  $i=1,2, \dots, n$ ;  $j=1,2, \dots, m$ ,

-  $A_1^{(i)}, A_2^{(i)}, \dots, A_{p_j}^{(i)}$  reprezentují hodnoty jazykové proměnné, které odpovídají funkcím příslušnosti  $\mu_1^{(i)}(x), \mu_2^{(i)}(x), \dots, \mu_{p_j}^{(i)}(x), \dots, \mu_m^{(i)}(x)$ ,

-  $B$  reprezentuje hodnoty jazykové proměnné, která odpovídá funkcím příslušnosti  $\mu_1(y), \mu_2(y), \dots, \mu_{p_k}(y), \dots, \mu_o(y)$ ,  $k=1,2, \dots, o$ .

Modifikací fuzzy inferenčního systému typu Mamdani je fuzzy inferenční systém typu Takagi-Sugeno. Výstupem fuzzy inferenčního systému Takagi-Sugeno je ostré číslo, které je získané jako hodnota lineární kombinace hodnot vstupních proměnných. Podmíněné pravidlo (20) ve fuzzy inferenčním systému typu Takagi-Sugeno lze zapsat takto [3]

$$\text{IF } x_1 \text{ is } A_1^{(i)} \text{ AND } x_2 \text{ is } A_2^{(i)} \text{ AND } \dots \text{ AND } x_n \text{ is } A_{p_j}^{(i)} \text{ THEN } y = h, \quad (20)$$

kde  $h$  je konstanta.

Fuzzy inferenční systém, který se skládá z podmíněných pravidel definovaných podle (20) se označuje jako fuzzy inferenční systém typu Takagi-Sugeno nultého řádu. Jestliže má podmíněné pravidlo ve fuzzy inferenčním systému typu Takagi-Sugeno tvar [4]

$$\text{IF } x_1 \text{ is } A_1^{(i)} \text{ AND } x_2 \text{ is } A_2^{(i)} \text{ AND } \dots \text{ AND } x_n \text{ is } A_{p_j}^{(i)} \text{ THEN } y = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (21)$$

kde  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  je lineární funkce, pak se tento fuzzy inferenční systém označuje jako fuzzy inferenční systém typu Takagi-Sugeno prvního řádu. Jestliže je  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  polynomická funkce, jedná se o fuzzy inferenční systém typu Takagi-Sugeno druhého řádu. Použití tohoto fuzzy inferenčního systému zvyšuje rychlost defuzzifikačního procesu, protože se podstatně snižuje výpočtový proces v porovnání se všeobecnějším fuzzy inferenčním systémem typu Mamdani [4].

Tvar podmíněného pravidla pro fuzzy inferenční systém typu Tsukamoto lze zapsat takto:

$$\text{IF } x_1 \text{ is } A_1^{(i)} \text{ AND } x_2 \text{ is } A_2^{(i)} \text{ AND } \dots \text{ AND } x_n \text{ is } A_{p_j}^{(i)} \text{ THEN } y \text{ is } C_i, \quad (22)$$

kde  $C_i$  je zcela monotónní (přímo rostoucí nebo přímo klesající) funkce.

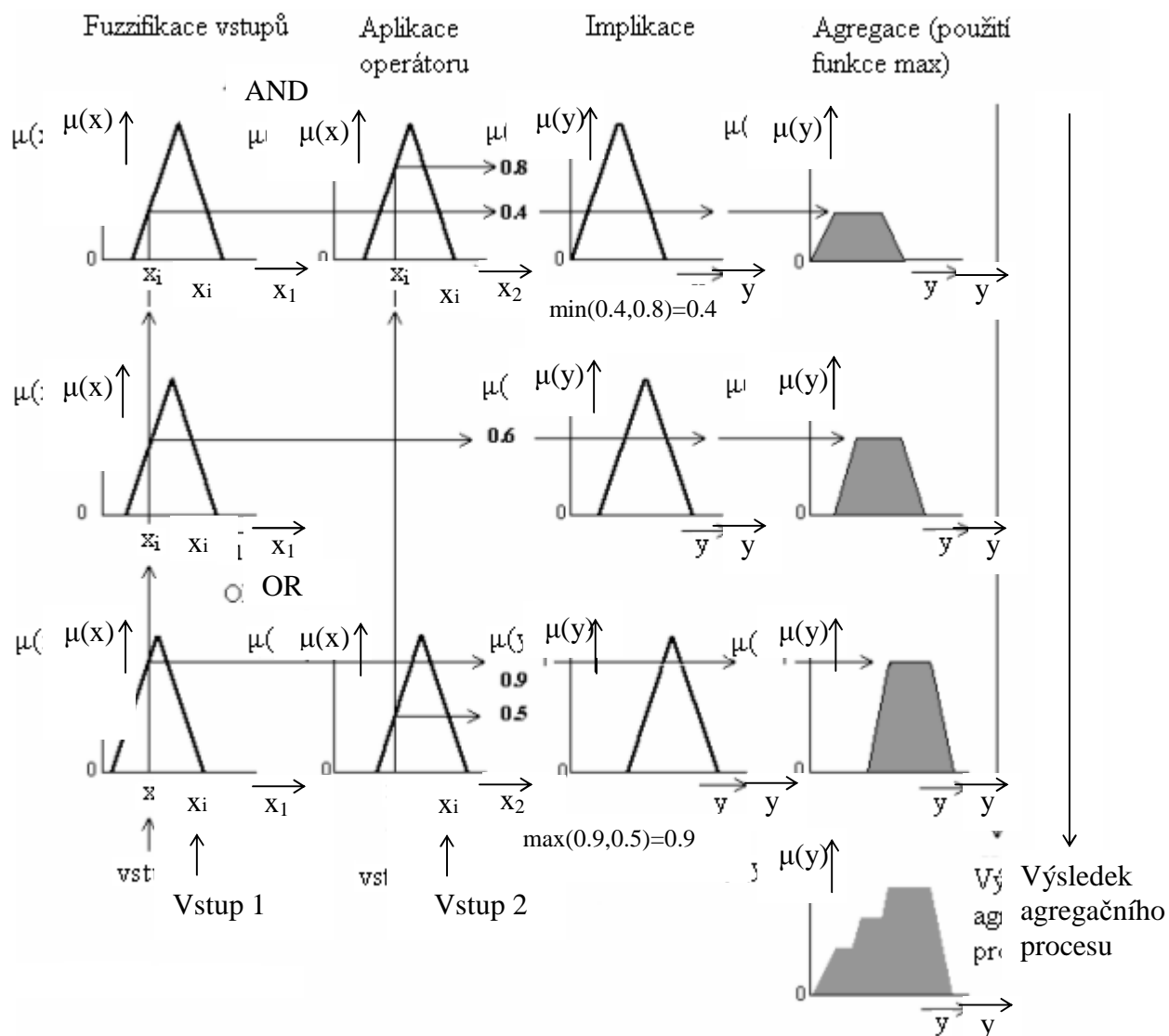
Výsledkem antecedentní části podmíněného pravidla je hodnota z intervalu  $[0,1]$ . Výsledek konsekventu je reprezentovaný jako fuzzy množina pro fuzzy inferenční systém typu Mamdani. Interpretace podmíněného pravidla je provedena ve třech krocích. Nejprve jsou fuzzifikovány vstupy, pak jsou aplikovány fuzzy operátory [4]. Výsledkem těchto kroků je výstupní hodnota antecedentní části. Následuje aplikace takto získaného výsledku v konsekventu (implikace). Pokud se antecedent podmíněného pravidla skládá z více částí, jsou

všechny části antecedentu vypočítané souběžně a transformované na hodnotu z intervalu  $[0,1]$  pomocí logických operátorů. Toto číslo představuje výsledek antecedentní části podmíněného pravidla.

Konsekvent je ovlivněn antecedentem tak, že implikační funkce modifikuje fuzzy množinu, která je výstupem konsekventu podle stupně specifikovaném v antecedentu. Než se použije implikační metoda, jsou brány do úvahy váhy jednotlivých podmíněných pravidel. Každé z nich má váhu z intervalu  $[0,1]$ , která je aplikovaná na výstupní hodnotu antecedentu. Následuje proces implikace [4], což je změna funkce příslušnosti konsekventu pomocí funkce, která je asociovaná s výstupem antecedentu.

Vstupem do implikačního procesu je hodnota z intervalu  $[0,1]$  a výstupem je modifikovaná fuzzy množina. Implikační proces se uskutečňuje pro každé podmíněné pravidlo z báze podmíněných pravidel. Nejčastějšími způsoby modifikace výstupní fuzzy množiny jsou zkrácení, které používá MIN funkci a škálování, které používá PROD funkci. Vzhledem k tomu, že fuzzy inferenční systém obvykle vyžaduje více podmíněných pravidel, je potřeba uskutečnit proces agregace. Agregací proces fuzzy inferenčních systémů typu Mamdani je znázorněn na obr. 5 [4]. Agregace je transformace výstupů každého podmíněného pravidla do jedné výstupní fuzzy množiny. Tato množina je nejprve defuzzifikována, čímž je přiřazena ostrá hodnota výstupní proměnné. Agregace je realizována pro každou výstupní proměnnou. Vstupem do agregacího procesu jsou modifikované fuzzy množiny. Výstupem agregacího procesu je jedna fuzzy množina pro každou výstupní proměnnou. Mezi nejčastěji používané agregací metody patří funkce MAX, představující maximální hodnotu výstupní fuzzy množiny každého podmíněného pravidla nebo SUM představující součet výstupních fuzzy množin jednotlivých podmíněných pravidel. Pomocí nich je vyprodukován fuzzifikovaný výstup, který je potřeba transformovat zpět na ostrou hodnotu. Vstupem do defuzzifikačního procesu je agregovaná fuzzy množina. Výstupem je ostré číslo.





Obr. 5 Agregací proces [4]

Nechť  $C$  je výstupní fuzzy množina, která prošla agregací procesem a nechť defuzzifikovaná hodnota výstupu je  $y_0(C)$ . Potom defuzzifikační proces má tvar  $D: [0,1] \rightarrow y_0(C)$ . Nejpoužívanější defuzzifikační metodou je metoda středu těžiště COG (Center of Gravity) [4]. Pomocí této metody lze určit těžiště plochy, která se nachází pod křivkou charakterizující agregovanou fuzzy množinu takto:

$$y_0(C) = \frac{\sum_{j=1}^p y_j \times \mu_C(y_j)}{\sum_{j=1}^p \mu_C(y_j)}, \quad (23)$$

kde: -  $\mu_C(y_j)$  je hodnota funkce příslušnosti agregované fuzzy množiny pro hodnotu  $y_j$ ,  
 -  $y_j$  je hodnota z referenční množiny  $Y$ .

Typickou vlastností této metody je, že bere v úvahu všechny hodnoty funkce příslušnosti  $\mu_C(y_j)$  výstupní fuzzy množiny  $C$ . Metodu lze upravit tak, aby všechny hodnoty v úvahu brány nebyly. Hodnoty funkce příslušnosti  $\mu_C(y_j)$  pod určitým prahem jsou vyloučeny. Důvodem je, že malé hodnoty funkce příslušnosti jsou nenulové pouze kvůli existenci nějakého šumu. Defuzzifikovaná hodnota výstupu  $y_0^\lambda(C)$  je pak určena takto [4]:

$$y_0^\alpha(C) = \frac{\sum_{j=1}^p y_j \times \mu_C^\alpha(y_j)}{\sum_{j=1}^p \mu_C^\alpha(y_j)}, \quad (24)$$

kde: -  $\alpha$  je zvolená prahová hodnota,  
 -  $\mu_C^\alpha(y_j)$  je hodnota funkce příslušnosti agregované fuzzy množiny pro hodnotu  $y_j$ , která splňuje podmínku  $\mu_C(y_j) \geq \alpha$ .

Dalšími defuzzifikačními metodami [2] jsou metoda MOM (Mean of Maxima), která bere v úvahu všechny prvky, jejichž stupeň příslušnosti je maximální a metody FOM (First of Maxima) a LOM (Last of Maxima), které jsou jednodušší, ale jejich význam je okrajový. Důležitým parametrem každé defuzzifikační metody je její výpočetní náročnost. Z tohoto pohledu je metoda COG nejnáročnější, poskytuje však obvykle nejlepší výsledky [4]. Pomocí fuzzy inferenčního systému lze aproximovat funkci (obecně nelineární) jedné nebo více proměnných. Tento typ aproximace používá slovního popisu, proto se nazývá jazyková aproximace. Aproximovat lze s libovolnou přesností libovolnou spojitou funkci definovanou na spojitě množině. Přesnost této aproximace závisí na počtu, tvaru a umístění funkcí příslušnosti  $\mu_A$  v univerzech  $U$ . Fuzzy aproximace má oproti jiným metodám přednost v možnosti aplikace kvalitativních znalostí o aproximované funkci. Navíc lze změnou parametrů fuzzy inferenčního systému lokálně ovlivňovat vlastnosti aproximační funkce.

### 3.4. Dílčí závěry

Fuzzy logika je matematická disciplína, která umožňuje zahrnout nepřesnost nebo neurčitost a umožňuje pracovat s výrazy přirozeného jazyka. Umožňuje využití znalostí a zkušeností člověka, která jsou formou definovaných pravidel, využívána v automatizovaném procesu řízení nebo rozhodování. Základním postupem je transformace jazykových prvků do kvantifikované stupnice a vytvoření fuzzy množin, čímž je umožněno zpracovávat nenumerické informace pomocí lingvistické proměnné. Náležení nebo nenáležení prvků do fuzzy množiny je provedeno na základě určité míry příslušnosti. Funkce, která výše uvedenou míru příslušnosti určuje nazýváme funkcí příslušnosti prvku do fuzzy množiny. Tvar funkce příslušnosti může být typu S,  $\Pi$ , trojúhelníkový, lichoběžníkový, atd. S takto charakterizovanými fuzzy množinami lze provádět operace, z nichž základní jsou průnik, sjednocení a doplněk. Fuzzy množiny lze použít také jako nástrojem pro interpretaci významu slov. Základním prvkem přibližného usuzování je jazyková proměnná, která reprezentuje znalost a její hodnoty jsou slova přirozeného jazyka, které se obecně nazývají jazykové výrazy. Využití jazykové proměnné je vhodný zejména při popisu rozměrů či velikostí. S tím úzce souvisí pojem fuzzy výrok. Nejjednodušší fuzzy výrok se nazývá atomický. Je definován pomocí funkce příslušnosti  $\mu_A$ , která je definována na univerzu U. Atomické fuzzy výroky mohou být spojeny spojkami AND, OR, NOT a vytvářet tak složené fuzzy výroky. Fuzzy výrok typu IF-THEN se nazývá fuzzy implikace neboli podmíněné pravidlo. Všeobecná struktura fuzzy inferenčního systému obsahuje proces fuzzifikace vstupních proměnných pomocí funkcí příslušnosti, návrh báze podmíněných pravidel nebo automatickou extrakci podmíněných pravidel ze vstupních údajů, aplikaci operátorů (AND, OR, NOT) v podmíněných pravidlech, implikaci a agregaci v rámci těchto pravidel a proces defuzzifikace získaných výstupů na ostré hodnoty. Ze všeobecné struktury fuzzy inferenčních systémů vychází tři základní typy fuzzy inferenčních systémů, a to typ Mamdani, typ Takagi-Sugeno a typ Tsukamoto, které se liší zejména ve způsobu určení výstupů.

## 4. Vybrané finanční modely za rizika a nejistoty

V této kapitole budou navrženy finanční modely umožňující realizovat riziko a nejistotu přítomnou ve finančním rozhodování. Prvním modelem je stanovení čisté současné hodnoty za rizika a nejistoty, kde je porovnán tradiční přístup výpočtu čisté současné hodnoty s modelem čisté současné hodnoty za nejistoty na bázi fuzzy logiky. Další model finančního zdraví podniků umožňuje určení finančního zdraví podniku pomocí fuzzy inferenčního systému typu Mamdani.

### 4.1. Stanovení čisté současné hodnoty za rizika a nejistoty

Model stanovení čisté současné hodnoty na bázi fuzzy logiky platí obecně. V práci jsou prezentovány výsledky tohoto modelu na příkladu, pro který platí následující předpoklady. Ve firmě se rozhoduje o investičním projektu s dobou životnosti tři roky a investičními výdaji 635 peněžních jednotek, rizikový náklad kapitálu činí 10%. Budoucí finanční toky však vzhledem k neurčitosti lze stanovit za nejistoty pomocí fuzzy čísel typu kvadratických T-čísel nebo za rizika prostřednictvím rozdělení pravděpodobnosti. Prvním úkolem tohoto příkladu je určit čistou současnou hodnotu (NPV) projektu jako fuzzy množinu (obr. 6), jestliže CF jsou zadány jako kvadratická T-čísla. Druhým úkolem je určit rozdělení pravděpodobnosti NPV projektu, jestliže CF jsou zadány jako normální rozdělení pravděpodobnosti a předpokládá se statistická nezávislost CF [9].

Krajní body  $\varepsilon$ -řezu NPV, s využitím operace fuzzy skalární součin a fuzzy sčítání [9].

$$NPV^\varepsilon = \left[ {}^-NPV^\varepsilon; {}^+NPV^\varepsilon \right] = \left[ \sum_t df_t \cdot {}^-CF_t^\varepsilon; \sum_t df_t \cdot {}^+CF_t^\varepsilon \right], \quad (25)$$

$$\text{kde } {}^-CF_t^\varepsilon = (CF_t^L - CF_t^\alpha) + \sqrt{\varepsilon} \cdot CF_t^\alpha,$$

$${}^+CF_t^\varepsilon = (CF_t^U - CF_t^\beta) + \sqrt{\varepsilon} \cdot CF_t^\beta.$$

Výpočet směrodatné odchylky a střední hodnoty NPV [9].

$$\sigma(NPV) = \sqrt{\sum_t df_t^2 \cdot \sigma^2(CF_t)} = \sqrt{\left( \bar{df}^2 \right)^T \cdot \sigma^2(CF)}, \quad (26)$$

$$E(\text{NPV}) = \sum_t df_t \cdot E(\text{CF}_t) = df^T \cdot E(\tilde{\text{CF}}). \quad (27)$$

T-číslo se označuje  $\tilde{\text{CF}} = (\text{CF}^L, \text{CF}^U, \text{CF}^\alpha, \text{CF}^\beta)$  a je definováno takto

$$\tilde{\text{CF}} \equiv \mu_{\tilde{\zeta}}(x) = \left. \begin{array}{l} L(x) \text{ pro } \text{CF}^L - \text{CF}^\alpha < x < \text{CF}^L \\ 1 \text{ pro } \text{CF}^L \leq x \leq \text{CF}^U \\ R(x) \text{ pro } \text{CF}^U < x < \text{CF}^U + \text{CF}^\beta \\ 0 \text{ jinak} \end{array} \right\}, \quad (28)$$

kde  $L(x) = L\left[\frac{x - (\text{CF}^L - \text{CF}^\alpha)}{\text{CF}^\alpha}\right]$  je reálná neklesající spojitá funkce,

$R(x) = R\left[\frac{(\text{CF}^U + \text{CF}^\beta) - x}{\text{CF}^\beta}\right]$  je reálná nerostoucí spojitá funkce.

Každé fuzzy číslo lze zkonstruovat pomocí sjednocení  $\varepsilon$ -řezů prostřednictvím dekompozičního principu:

$$\mu_{\tilde{\zeta}}(y) = \sup\{\varepsilon; I_{\tilde{\zeta}^\varepsilon}\} \equiv \bigcup_{\varepsilon} \varepsilon \cdot [-s^\varepsilon; +s^\varepsilon] \text{ pro } y \in E^I \text{ a } \varepsilon \in [0,1], \quad (29)$$

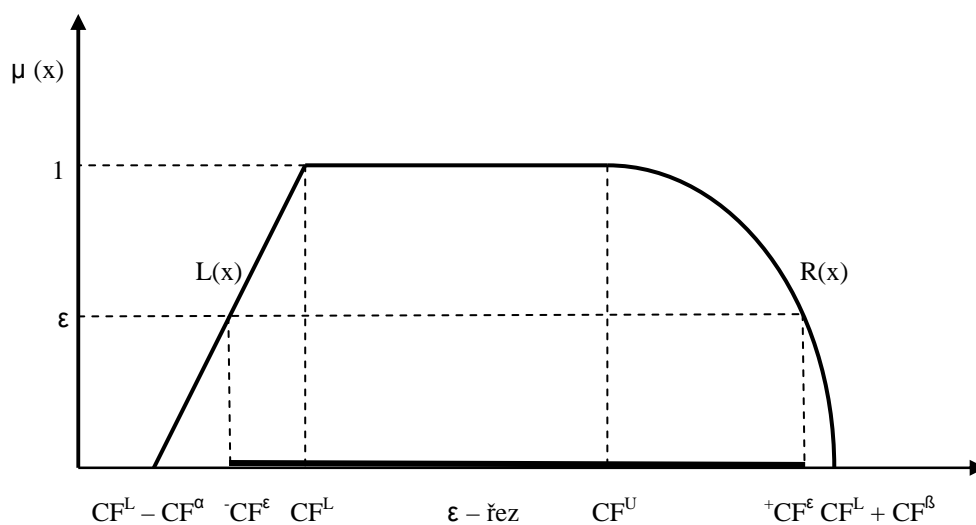
kde  $s^\varepsilon = [-s^\varepsilon; +s^\varepsilon]$  je  $\varepsilon$ -řez. Zde  $I_{\tilde{\zeta}^\varepsilon}$  je charakteristická funkce,

$$I_{\tilde{\zeta}^\varepsilon} = \begin{cases} 1 & \text{když } y \in [-s^\varepsilon; +s^\varepsilon] \\ 0 & \text{když } y \notin [-s^\varepsilon; +s^\varepsilon] \end{cases}.$$

Přitom,  $\varepsilon$ -řez je chápán jako množina

$$s^\varepsilon = \{x; \text{pro které } \mu_{\tilde{\zeta}}(x) \geq \varepsilon\} = [-s^\varepsilon; +s^\varepsilon], \quad (30)$$

tedy  $-s^\varepsilon = \min\{x; \text{pro které } \mu_{\tilde{\zeta}}(x) \geq \varepsilon\}$ ,  $+s^\varepsilon = \max\{x; \text{pro které } \mu_{\tilde{\zeta}}(x) \geq \varepsilon\}$ .



Obr. 6 Graf funkce příslušnosti T – čísla [9].

K převodu budoucích peněžních toků na jejich současné hodnoty slouží tzv. diskontní koeficienty uvedené v tab. 1. Čím delší je časový posun, tím menší je současná hodnota peněžního toku.

Tab. 1. Diskontní koeficienty.

T	df
1	0,9091
2	0,8264
3	0,7513

Příklad zadání budoucích peněžních toků plynoucích z realizované investice definovaných pomocí fuzzy čísel je uveden v tab. 2. Každé takto zadané fuzzy číslo se dá vyjádřit ve tvaru znázorněném na obr. 6.

Tab. 2. Peněžní toky definované pomocí fuzzy čísel.

	$CF^L$	$CF^U$	$CF^\alpha$	$CF^\beta$
$CF_1$	100	102	5	4
$CF_2$	300	303	6	5
$CF_3$	400	405	8	7
INV	635	635	0	0

Pro uvedené hodnoty je možno spočítat směrodatnou odchylku dle vztahu (26) a střední hodnotu NPV podle (27). Vypočtené hodnoty jsou prezentovány v tab. 3. Hodnoty budoucích peněžních toků CF pro dané hodnoty funkcí příslušnosti jsou pak uvedené v tab. 4. Rovněž je zde vypočítaná čistá současná hodnota NPV, která se na základě toho dá vyjádřit pomocí funkce příslušnosti uvedené na obr. 7.

Tab. 3. Směrodatná odchylka a střední hodnota pro fuzzy přístup.

$E(CF_1)$	$\sigma(CF_1)$
100	4
300	6
400	7

Tab. 4. NPV – fuzzy přístup.

$\varepsilon$	0	0,25	0,50	0,75	1,00	1,00	0,75	0,50	0,25	0
$CF_1$	95,00	97,50	98,54	99,33	100,00	102,00	102,54	103,17	104,00	106,00
$CF_2$	294,00	297,00	298,24	299,20	300,00	303,00	303,67	304,46	305,50	308,00
$CF_3$	392,00	396,00	397,66	398,93	400,00	405,00	405,94	407,05	408,50	412,00
NPV	-11,164	-3,407	-0,194	2,271	4,350	12,404	14,149	16,220	18,918	25,431
	0	0,25	0,50	0,75	1,00	1,00	0,75	0,50	0,25	0

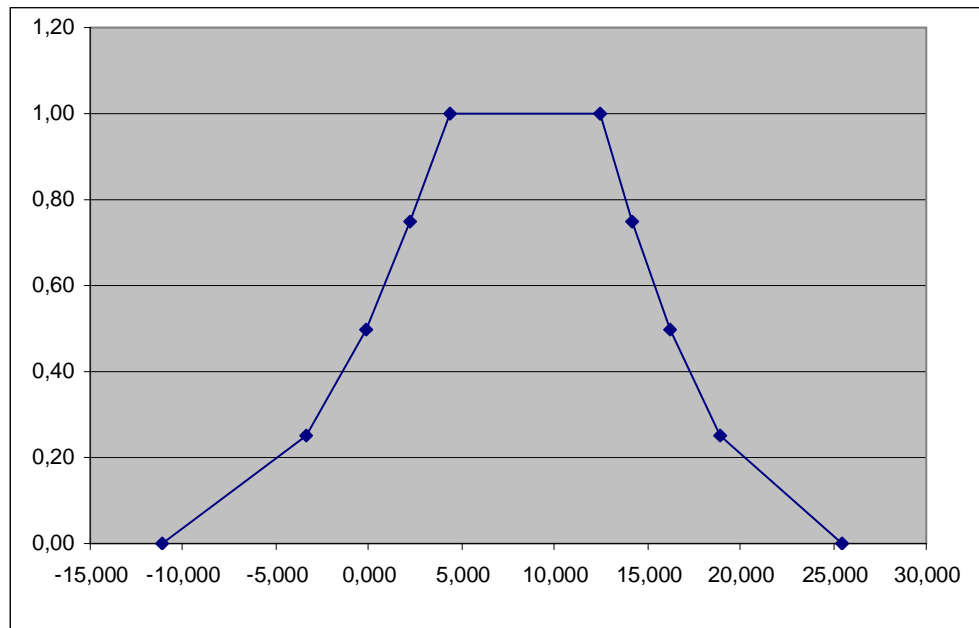
Pro srovnání s fuzzy přístupem stanovení NPV byl zvolen stochastický přístup, umožňující modelovat riziko budoucích peněžních toků. Tato metoda lze použít, pokud lze kvantifikovat nejistotu budoucích peněžních toků CF. Výpočet směrodatné odchylky a střední hodnoty NPV je uveden v tab. 5, vypočtená NPV pak v tab. 6. Distribuční funkce takto vypočtené NPV se dá znázornit tak, jak je to uvedeno na obr. 8.

Tab. 5. Směrodatná odchylka a střední hodnota pro stochastický přístup.

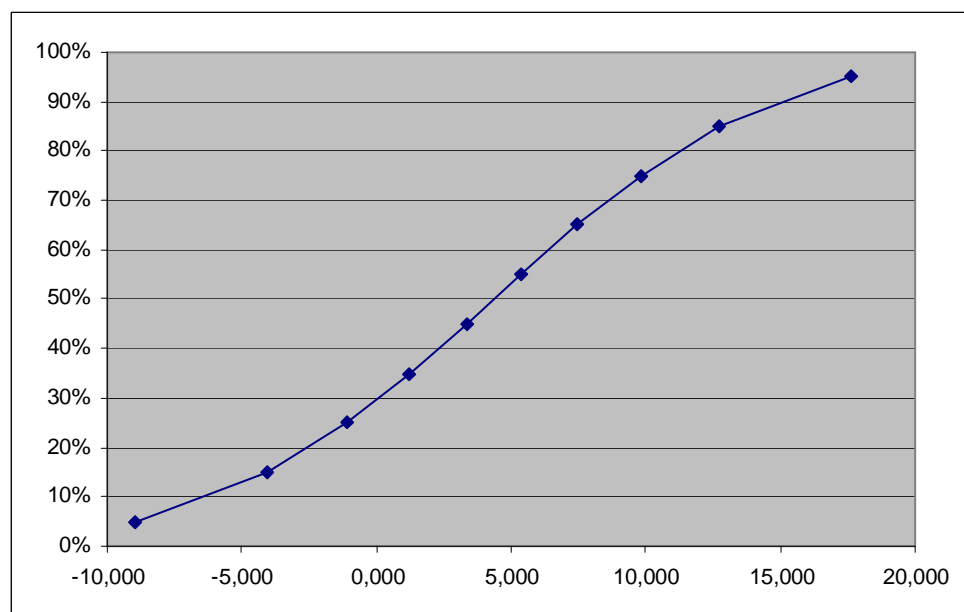
$\delta(NPV)$	$E(NPV)$
8,0912	4,3500

Tab. 6. NPV – stochastický přístup.

NPV	-8,959	-4,036	-1,107	1,232	3,333	5,367	7,468	9,807	12,736	17,659
$\alpha$	5%	15%	25%	35%	45%	55%	65%	75%	85%	95%
f(NPV)	1,275%	2,882%	3,927%	4,578%	4,892%	4,892%	4,578%	3,927%	2,882%	1,275%



Obr. 7. Graf NPV – fuzzy přístup



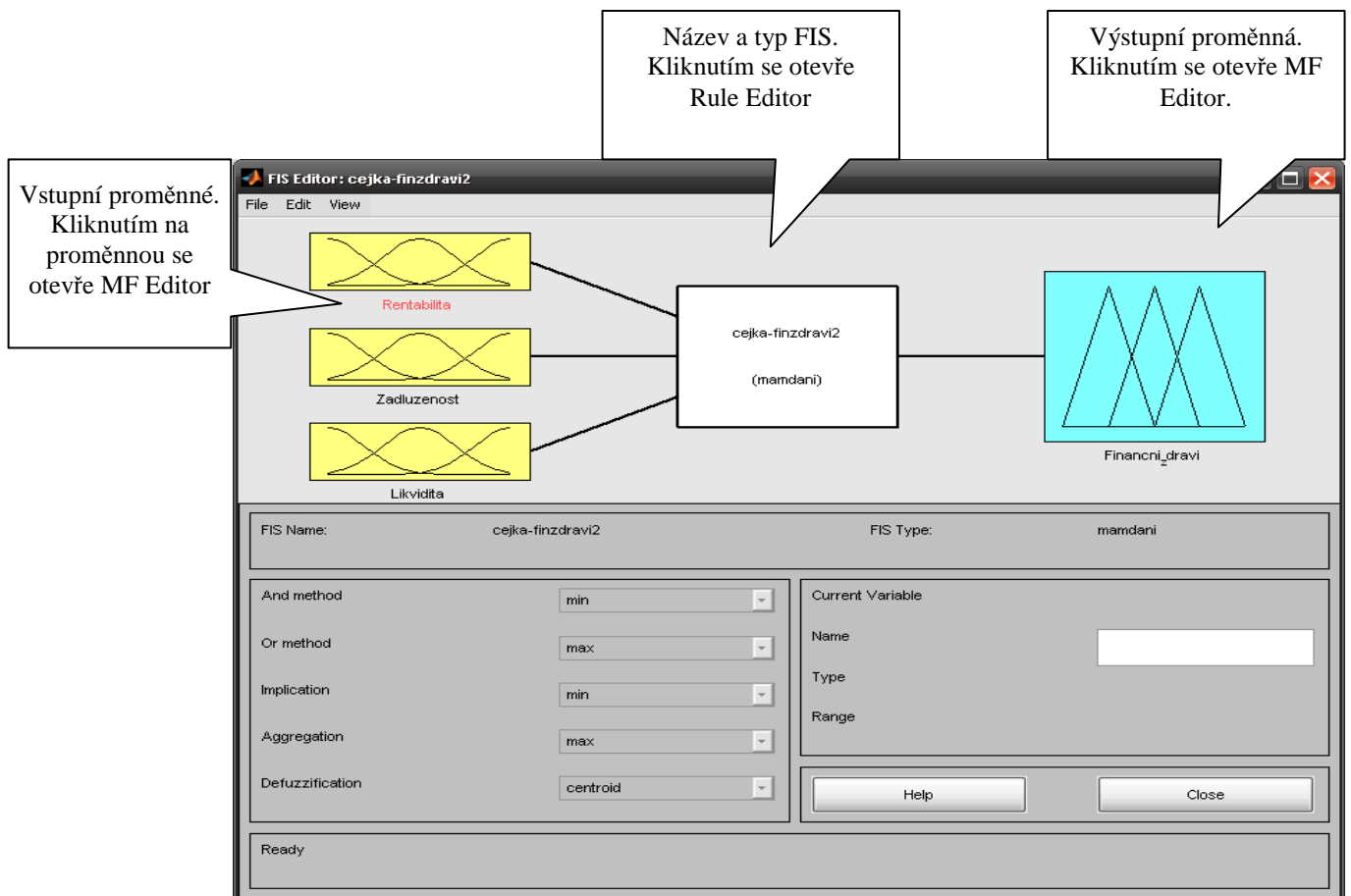
Obr. 8. Graf NPV – Stochastický přístup



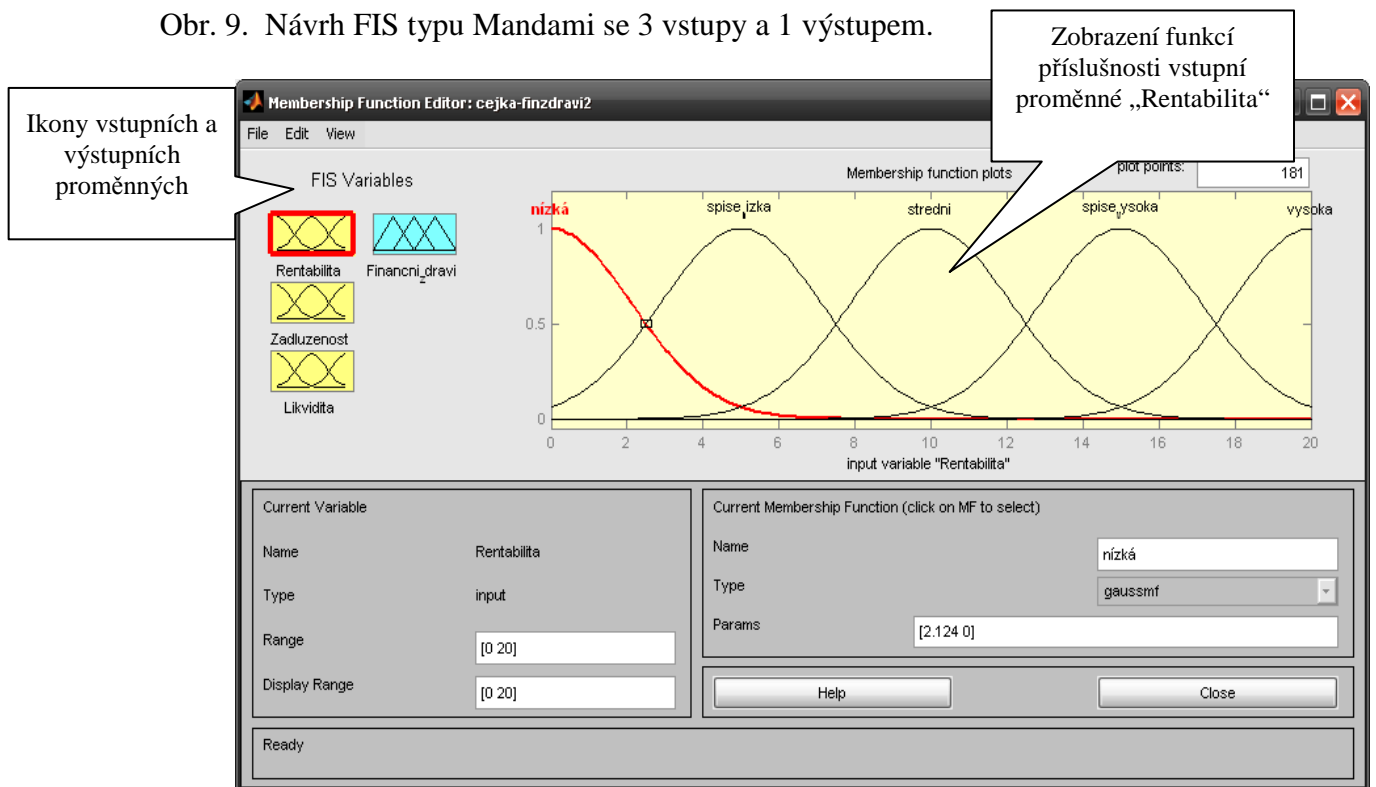
## ***4.2. Návrh fuzzy inferenčního systému pro určení finančního zdraví firmy***

K posouzení finančního zdraví podniku lze využít programové simulační prostředí Fuzzy toolbox pro Matlab k vytvoření návrhu fuzzy inferenčního systému typu Mamdani. Spuštění Fuzzy tool boxu se provede zadáním výrazu fuzzy v příkazovém řádku Matlabu. Fuzzy tool box se skládá ze tří nástrojů pro tvorbu a editaci fuzzy inferenčního systému. Hlavní částí toolboxu je FIS Editor (obr. 9), který umožňuje definovat základní parametry systému, jako je počet vstupních a výstupních proměnných, jejich jména, metoda defuzzifikace a další. Dalším nástrojem je Membership Function Editor pomocí kterého lze definovat počet a tvar jednotlivých funkcí příslušnosti u každé vstupní a výstupní proměnné (obr. 10, obr. 11, obr. 12, obr. 13). V návrhu modelu byly využity Gaussovy funkce příslušnosti a pro každý vstup bylo nadefinováno pět funkcí příslušnosti. Pro zadávání znalostní báze fuzzy systému slouží Rule Editor (obr. 14). Tento editor se používá k tvorbě znalostní báze pomocí IF (fuzzy výrok) THEN (fuzzy výrok) pravidel. Ta je v tomto případě tvořena pěti jazykovými výrazy u každé, vstupní i výstupní jazykové proměnné. Pro spojení jazykových výrazů u tohoto modelu byla využita logická spojka AND. Samotná konstrukce fuzzy inferenčního systému typu Mamdani obsahuje tři vstupy a jeden výstup. Za vstupní proměnné byly zvoleny poměrové ukazatele, které jsou nejčastěji používány při finanční analýze. Jsou to poměrové ukazatele rentability, likvidity a zadluženosti. Výstupním souhrnným ukazatelem je finanční zdraví podniku. Ze shora uvedených údajů vyplývá že bylo možné vytvořit celkem 125 podmíněných pravidel, která byla pro daný model nadefinována.

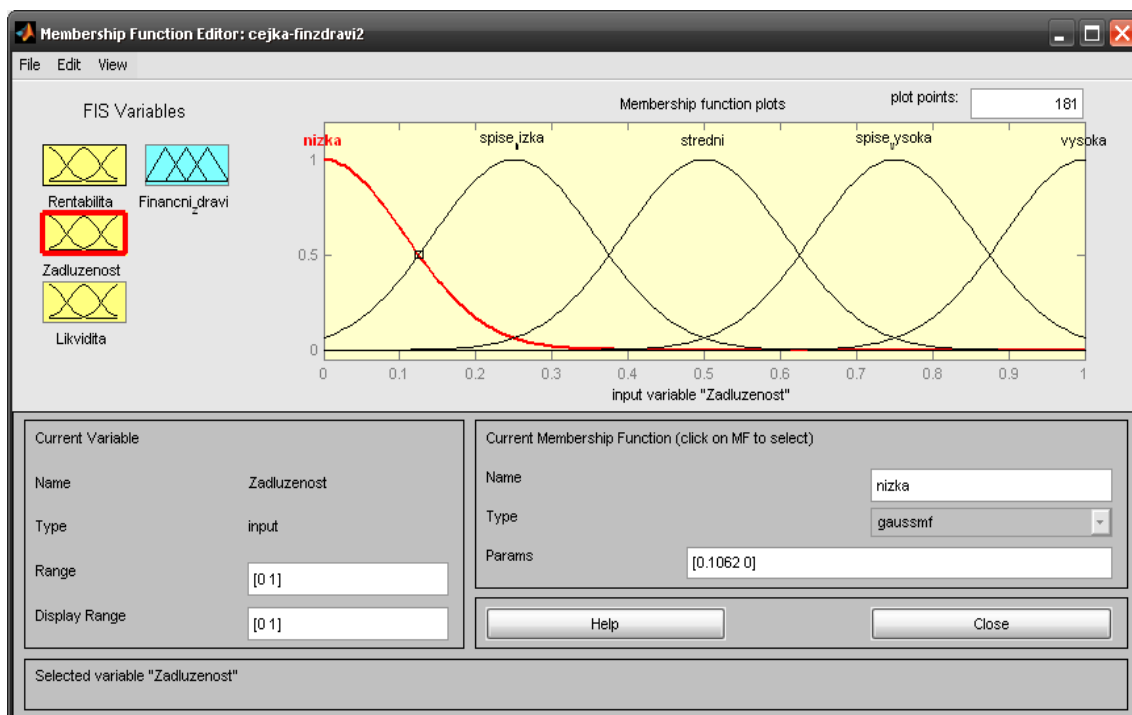
Pro sledování chování navrženého fuzzy inferenčního systému slouží nástroje Surface Viewer a Rule Viewer. Surface Viewer umožňuje přiřazovat vstupním a výstupním proměnným osy a graficky zobrazuje řídicí plochu, jako funkci těchto proměnných (obr. 15, obr. 16, obr. 17). Rule Viewer umožňuje sledovat chování systému při konkrétních hodnotách vstupních proměnných. V řádcích jsou zobrazena pravidla a ve sloupcích vstupní a výstupní proměnné. Svislá čára ukazuje, jak se na výstupních hodnotách podílejí jednotlivé vstupní hodnoty (obr. 18).



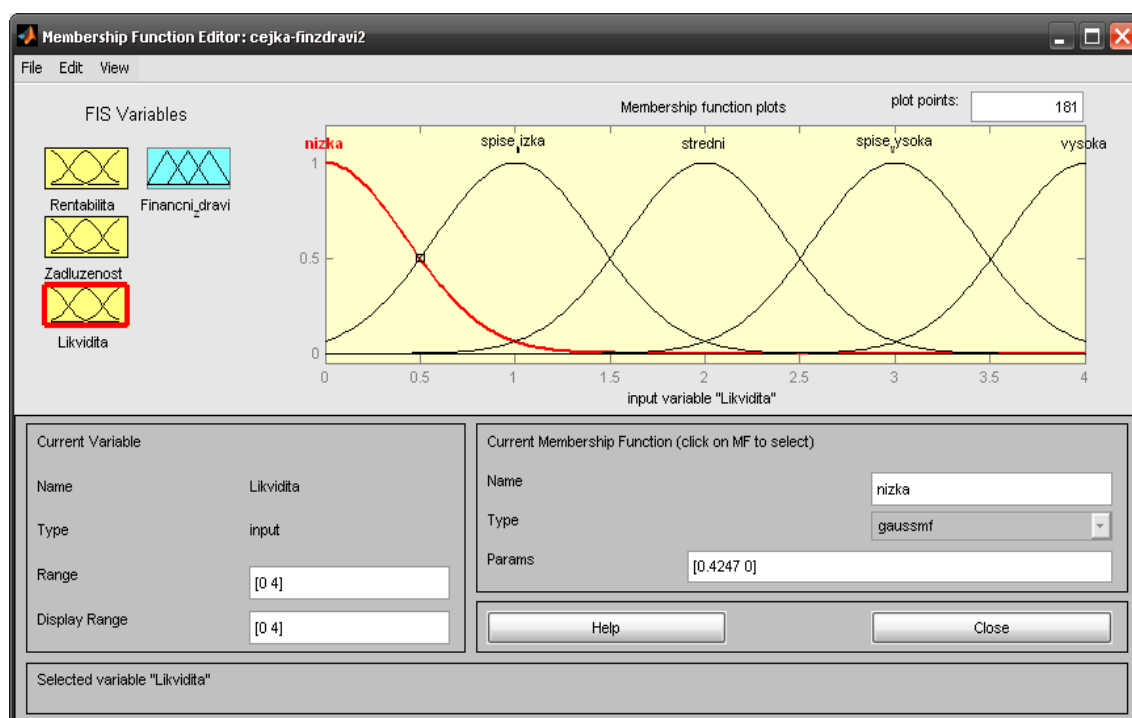
Obr. 9. Návrh FIS typu Mandami se 3 vstupy a 1 výstupem.



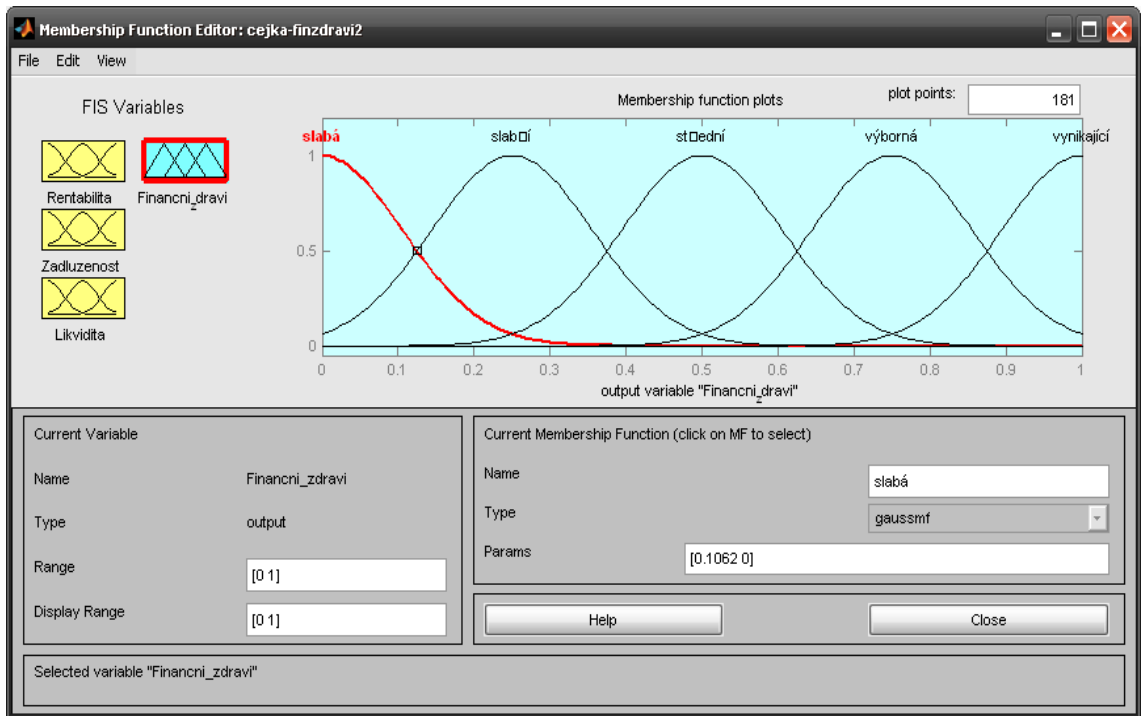
Obr. 10. Funkce příslušnosti vstupní proměnné „Rentabilita“.



Obr. 11. Funkce příslušnosti vstupní proměnné „Zadluženost“.

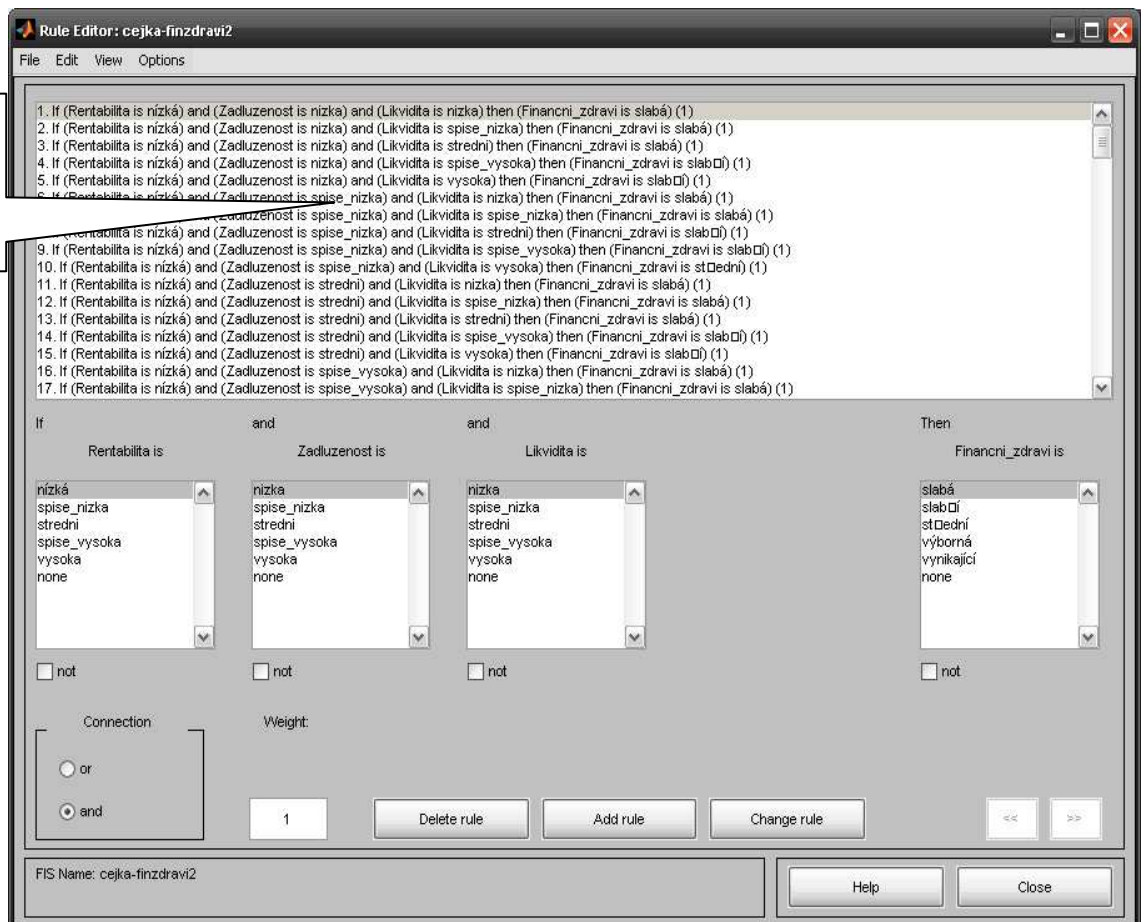


Obr. 12. Funkce příslušnosti vstupní proměnné „Likvidita“.

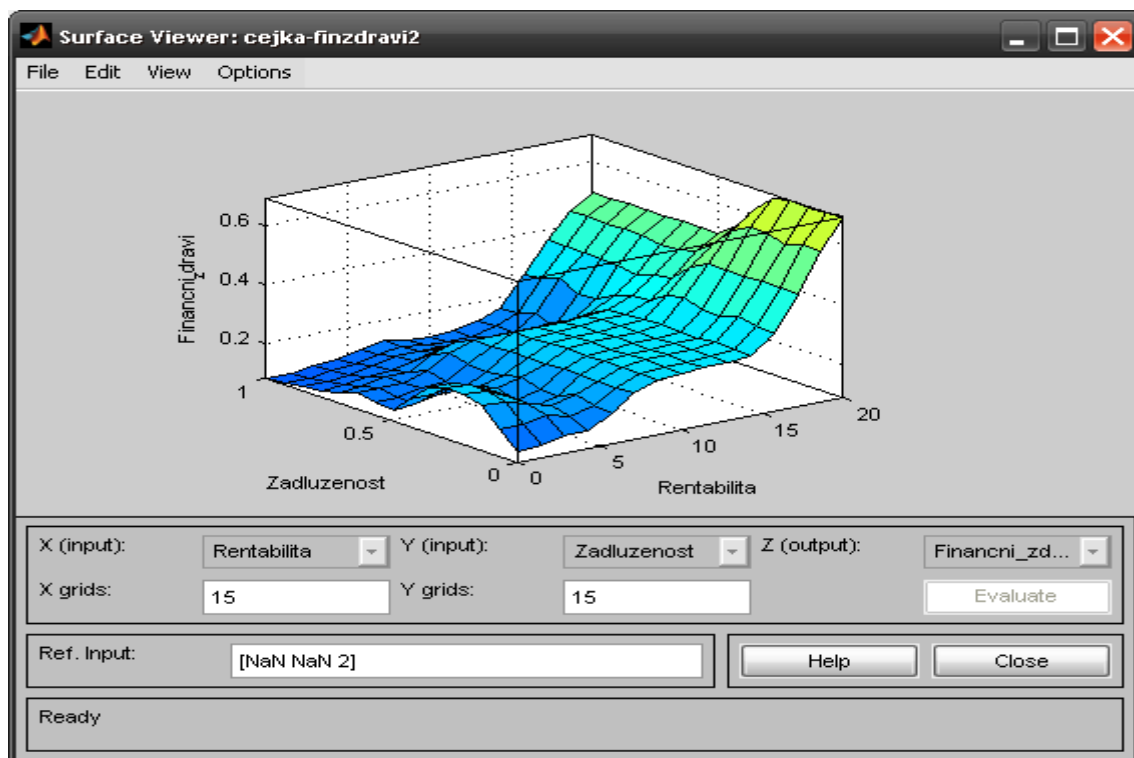


Obr. 13. Funkce příslušnosti výstupní proměnné „Finanční zdraví“.

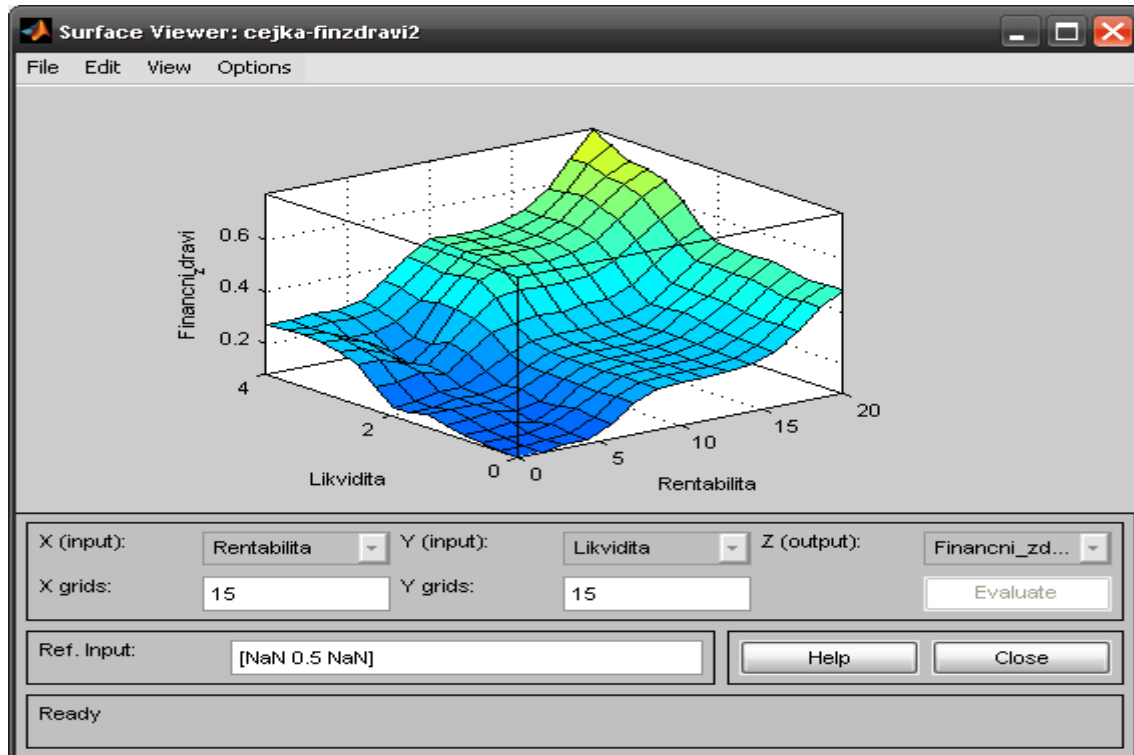
Zobrazení jednotlivých pravidel IF - THEN.



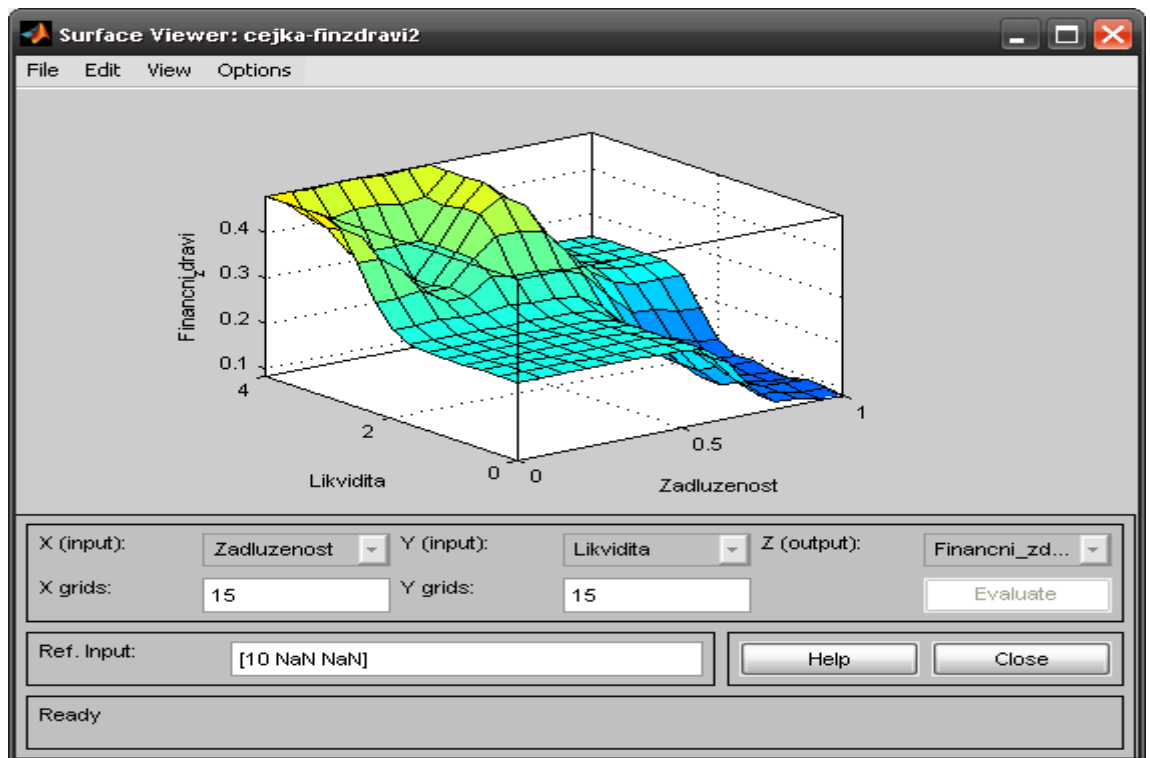
Obr. 14. Ukázka návrhu báze pravidel navrženého fuzzy inferenčního systému Mamdani.



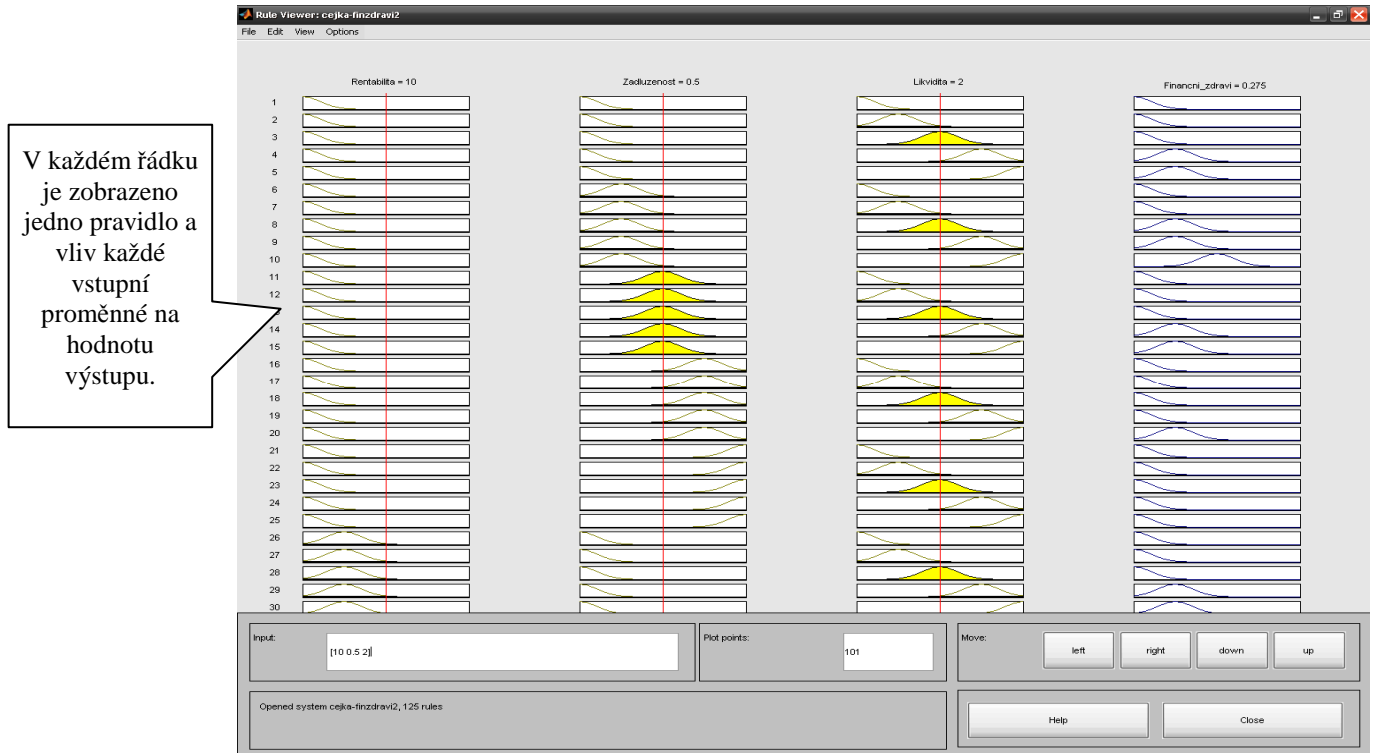
Obr. 15. Grafické zobrazení vztahu mezi vstupními parametry „Rentabilita“ a „Zadluženost“ a výstupem „Finanční zdraví“.



Obr. 16. Grafické zobrazení vztahu mezi vstupními parametry „Rentabilita“ a „Likvidita“ a výstupem „Finanční zdraví“.



Obr. 17. Grafické zobrazení vztahu mezi vstupními parametry „Zadluženosti“ a „Likvidity“ a výstupem „Finanční zdraví“.



Obr. 18. Chování navrženého fuzzy inferenčního systému při konkrétních hodnotách vstupních proměnných.

Pro posouzení finančního zdraví firmy jsem zadal hodnoty rentability, zadluženosti a likvidity pro pět firem, které jsou v příkladu označeny jako A, B, C, D a E. Vstupní hodnoty proměnných jsou uvedeny v tab. 7, stejně jako rozpětí vstupních proměnných sloužících jako univerza při návrhu fuzzy množin. Výstupem fuzzy inferenčního systému je finanční zdraví podniku definované jako ostrá hodnota. Této ostré hodnotě se dají přiřadit hodnoty výstupních funkcí příslušnosti, které jsou uvedeny v tab. 8.

Tab. 7. Zadání poměrových ukazatelů (vstupních proměnných).

Ukazatel	Rozpětí	A	B	C	D	E
rentabilita	0-20	5	10	15	18	20
zadluženost	0-1	0,8	0,4	0,6	0,3	0,5
likvidita	0-4	1	0,8	0,6	0,8	0,3
finanční zdraví	0-1	0,0961	0,253	0,263	0,41	0,479

Tab. 8. Míry příslušnosti pro hodnoty jazykové proměnné finanční zdraví.

Hodnoty jazykové proměnné finanční zdraví	A	B	C	D	E
slabá	0,664	0,059	0,047	0,000	0,000
slabší	0,350	0,999	0,993	0,322	0,098
střední	0,000	0,067	0,083	0,698	0,981
výborná	0,000	0,000	0,000	0,006	0,039
vynikající	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

### 4.3. Dílčí závěry

V této kapitole jsem navrhl dva modely. První model je určen pro stanovení čisté současné hodnoty projektu za rizika a nejistoty. Tento model má dvě části. V první části je využit tradiční přístup finanční analýzy při výpočtu čisté současné hodnoty za rizika. Druhá část slouží k stanovení čisté současné hodnoty projektu za nejistoty pomocí modelu navrženého na bázi fuzzy logiky.

Druhý model je navržen v programovém simulačním prostředí Fuzzy toolbox pro Matlab, jako fuzzy inferenční systém typu Mamdani. Ten je určen k stanovení základní finanční charakteristiky podniku pomocí souhrnného ukazatele, kterým je finanční zdraví podniku. Vstupními proměnnými jsou poměrové ukazatele rentability, likvidity a zadluženosti, které jsou používány při finanční analýze. Výstupem je finanční zdraví podniku.

Do systému jsem vložil údaje týkající se hodnot poměrových ukazatelů u pěti imaginárních podniků. Na výstupu je pomocí míry příslušnosti charakterizováno finanční zdraví podniku. Současně je graficky zobrazen vliv hodnot vstupních proměnných na hodnotu proměnné výstupní.



## 5. Závěr

Finanční rozhodování je jednou z hlavních činností při řízení podniku. Je souhrnem ekonomických činností, které směřují k dosahování finančních cílů podniku. Finanční rozhodování se dělí na krátkodobé a dlouhodobé, přesto však krátkodobé finanční rozhodování ovlivňuje do značné míry dlouhodobé a naopak. Krátkodobé i dlouhodobé finanční rozhodování je ovlivněno určitou mírou rizika, které je způsobeno změnami v interním a externím ekonomickém prostředí. Z uvedeného je patrné, že větší ohrožení rizikem je u dlouhodobého finančního rozhodování. Jedním z nejčastějších forem dlouhodobého finančního rozhodování je rozhodování o investicích, které ovlivňují činnost podniku po několik let. Pro posouzení efektivnosti podnikových investic existují metody, které se dělí na statické a dynamické. Významnější jsou dynamické, které přihlížejí k faktoru času a rizika. Nejvýznamnější dynamickou metodou je metoda čisté současné hodnoty, která vyjadřuje rozdíl mezi aktualizovanou hodnotou peněžních příjmů z investice a aktualizovanou hodnotou kapitálových výdajů na investici. Zdroje k financování investic lze rozdělit na interní a externí. Ze stanovení poměru těchto zdrojů při financování investice vychází finanční analýza. Prostředkem finanční analýzy jsou poměrové ukazatele rentability, zadluženosti, likvidity. Využitím kombinací těchto ukazatelů jsou sestavovány modely, které se člení na bonitní a bankrotní. Bonitní modely vyjadřují dosaženou finanční situaci podniku, kdežto bankrotní modely pomáhají předvídat a identifikovat budoucí ohrožení finančního zdraví firmy.

Matematická disciplína, která umožňuje zahrnout do výpočtů nepřesnost nebo neurčitost a pracovat s výrazy přirozeného jazyka se nazývá fuzzy logika. Umožňuje v procesu rozhodování využít znalostí a zkušeností člověka ve formě definovaných pravidel. Základním postupem je transformace jazykových prvků do kvantifikované stupnice a vytvoření fuzzy množin. Náležení nebo nenáležení prvků do fuzzy množiny je provedeno na základě určité míry příslušnosti pomocí funkce příslušnosti. Základním prvkem přibližného usuzování je jazyková proměnná, která reprezentuje znalost a její hodnoty jsou vyjádřeny slovy přirozeného jazyka. S tím úzce souvisí pojem fuzzy výrok. Fuzzy výrok typu IF-THEN se nazývá podmíněné pravidlo. Tento fuzzy výrok může být pomocí logických spojek tvořen z několika atomických výroků. Fuzzy výroky jsou vstupními hodnotami pro fuzzy inferenční systémy, které je zpracují a na výstupu vydají ostré hodnoty. Tyto ostré hodnoty vypovídají o příslušnosti k příslušné fuzzy množině.

V závěru práce jsem navrhl dva modely sloužící k finanční charakteristice. První model je určen pro stanovení čisté současné hodnoty projektu za rizika a nejistoty. Tento model je založen, jak na tradičních postupech (tj. stochastickém-pravděpodobnostním přístupu), tak i na postupech založených na bázi fuzzy logiky. Umožňuje uživateli modelovat změny neurčitých vstupních parametrů (úrokových sazeb, Cash Flow, atd.), při zachování srozumitelnosti jeho vstupů a výstupů.

Druhý model je navržen jako fuzzy inferenční systém typu Mamdani a realizován v programovém simulačním prostředí Fuzzy toolbox pro Matlab. Vstupními proměnnými jsou poměrové ukazatele rentability, likvidity a zadluženosti. Výstupní proměnnou je souhrnný ukazatel finanční zdraví podniku, který umožňuje stanovit finanční charakteristiku podniku. Vytvořil jsem znalostní bázi pomocí IF (fuzzy výrok) THEN (fuzzy výrok) pravidel, jejichž atomické fuzzy výroky jsou navzájem spojeny pomocí logické spojky AND. Každá vstupní i výstupní jazyková proměnná je charakterizována pěti jazykovými výrazy. Celkem tak báze obsahuje 125 pravidel. Systém umožňuje modelovat vliv změn hodnot jednotlivých vstupních proměnných na výstupní proměnnou a současně tento vliv graficky zobrazit. Po navržení fuzzy inferenčního systému a vytvoření báze pravidel umožňuje tento model reagovat na změny vstupních hodnot, tj. na nové údaje o finanční výkonnosti podniku, a tak sledovat vývoj finanční výkonnosti v čase a také její porovnání s dalšími podniky v oboru. Výhodou tohoto modelu je oproti tradičním bonitním a bankrotním modelům jeho srozumitelnost, možnost úpravy parametrů modelu (funkce příslušnosti, bázi podmíněných pravidel, atd.) v závislosti na hodnotách vybraných ukazatelů finanční analýzy v daném oboru. Navržením a analýzou uvedených modelů považuji cíle práce za splněné.

Literatura:

- [1] KISLINGEROVÁ, Eva. Manažerské finance. Praha: C.H. Beck, 2004. 714 s. ISBN 80-7179-802-9
- [2] NOVÁK, Vilém. Základy fuzzy modelování. Praha: BEN - Technická literatura, 2000. 175 s. ISBN 80-7300-009-1
- [3] OLEJ V., KŘUPKA J. *Analysis of Decision Processes of Automation Control Systems with Uncertainty*. Košice : University Press Elfa, 1996.
- [4] OLEJ, Vladimír. Modelovanie ekonomických procesov na bázi výpočtovej inteligencie. Hradec Králové: Miloš Vognar - M&V, 2003. 159 s. ISBN 80-90324-9-1
- [5] SEDLÁČEK, Jaroslav. Účetní data v rukou manažera. Brno: Computer Press, 1999. 195 s. ISBN 80-7226-140-1
- [6] SYNEK Miloslav. Manažerská ekonomika. Praha: Grada, 1996. 456 s. ISBN 80-7169-211-5
- [7] TALAŠOVÁ, Jana. Fuzzy metody víckriteriálního hodnocení a rozhodování. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 2003. 179s. ISBN 80-244-0614-4
- [8] VALACH, Josef. Finanční řízení podniku. Praha: Ekopress, 1997. 247 s. ISBN 80-901991-6-X
- [9] ZMEŠKAL, Zdeněk. Finanční modely. Praha: Ekopress, 2004. 236 s. ISBN 80-86119-87-4

**Univerzita Pardubice  
Fakulta ekonomicko-správní**

**Finanční rozhodování za neurčitosti**

**Jiří Čejka**

**Bakalářská práce  
2008**



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(ROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jiří ČEJKA**

Studijní program: **B6209 Systémové inženýrství a informatika**

Studijní obor: **Informační a bezpečnostní systémy**

Název tématu: **Finanční rozhodování za neurčitosti**

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

Finanční rozhodování

Fuzzy inferenční systémy

Návrh vybraných finančních modelů za neurčitosti

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

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

Seznam odborné literatury:

**ZMEŠKAL, Z. Finanční modely. Praha: Ekopress, 2004.**

**OLEJ, V. Modelovanie ekonomických procesov na bázi výpočtovej inteligencie. Hradec Králové: M&V, 2003.**

**KISLINGEROVÁ, E. Manažerské finance. Praha: C.H. Beck, 2004.**

**VALACH, J. Finanční řízení podniku. Praha: Ekopress, 1999.**

**NOVÁK, V. Základy fuzzy modelování. Praha: BEN, 2000.**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Petr Hájek, Ph.D.**

Ústav systémového inženýrství a informatiky

Datum zadání bakalářské práce:

**30. října 2007**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**19. května 2008**

prof. Ing. Jan Čapek, Csc. v. r.

děkan

doc. Ing. Pavel Petr, Ph.D. v. r.

vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 30. října 2007

## **SOUHRN**

Práce se zabývá analýzou základních forem finančního rozhodování a řízení. Cílem práce je navrhnout dva modely, které pomocí ukazatelů finanční analýzy, budou schopny hodnotit efektivnost investic a finanční zdraví podniku. Vzhledem k neurčitosti okolního prostředí podniku je k hodnocení využito poznatků z oblasti fuzzy logiky. Praktickým výsledkem práce je návrh a realizace fuzzy inferenčního systému Mamdani vytvořeného pomocí fuzzy toolboxu pro Matlab, který umožní provádět finanční analýzy podniků.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Finanční rozhodování, finanční analýza, fuzzy množiny, fuzzy inferenční systémy.

## **TITLE**

Financial decision-making under uncertainty

## **ABSTRACT**

The thesis deals with the analysis of the basic forms of financial decision-making and control. The aim of the work is to design two models which will be able to assess the effectiveness of investments and the financial health of a firm by using financial analysis ratios. Due to instability of business environment fuzzy logic theory is used for the evaluation of financial decision-making. Practical results of this work consist in the design of the fuzzy inference system Mamdani and its implementation in the environment of Fuzzy toolbox for Matlab, which is able to realize financial analysis process.

## **KEYWORDS**

Financial decision-making, financial analysis, fuzzy sets, fuzzy inference systems.



## **OBSAH:**

<b>1. ÚVOD.....</b>	<b>7</b>
<b>2. FINANČNÍ ŘÍZENÍ A ROZHODOVÁNÍ.....</b>	<b>8</b>
2.1. TYPY A FÁZE FINANČNÍHO ROZHODOVÁNÍ PODNIKU .....	8
2.2. RIZIKO VE FINANČNÍM ROZHODOVÁNÍ .....	10
2.3. INVESTIČNÍ ROZHODOVÁNÍ.....	12
2.4. FINANCOVÁNÍ INVESTIC .....	14
2.5. FINANČNÍ ANALÝZA JAKO PODKLAD PRO FINANČNÍ ROZHODOVÁNÍ.....	15
2.6. DÍLČÍ ZÁVĚRY .....	21
<b>3. FUZZY INFERENČNÍ SYSTÉMY .....</b>	<b>23</b>
3.1. FUZZY LOGIKA .....	23
3.2. FUZZY MNOŽINY .....	24
3.3. VŠEOBECNÁ STRUKTURA FUZZY INFERENČNÍCH SYSTÉMŮ.....	27
3.4. DÍLČÍ ZÁVĚRY .....	35
<b>4. VYBRANÉ FINANČNÍ MODEL Y ZA RIZIKA A NEJISTOTY.....</b>	<b>36</b>
4.1. STANOVENÍ ČISTÉ SOUČASNÉ HODNOTY ZA RIZIKA A NEJISTOTY.....	36
4.2. NÁVRH FUZZY INFERENČNÍHO SYSTÉMU PRO URČENÍ FINANČNÍHO ZDRAVÍ FIRMY .....	41
4.3. DÍLČÍ ZÁVĚRY .....	47
<b>5. ZÁVĚR .....</b>	<b>49</b>

## 1. Úvod

Finanční rozhodování je vždy ovlivňováno různou mírou neurčitosti vstupních dat a podmínek, za kterých je rozhodování realizováno. V tomto případě je jednou z možností jak rozhodování popsat využití fuzzy množin z oblasti fuzzy logiky. V současnosti se rozhodování pomocí fuzzy logiky stále více uplatňuje v rozhodovacích procesech, a to nejen v oborech technických, ale také netechnických. Výhody využívání fuzzy množin ve finančním rozhodování jsou zejména v tom, že rozhodujícími subjekty jsou lidé, kteří využívají k řízení subjektivní pohled vyjádřený pomocí lingvistických výrazů. Usnadňují rozhodovateli snadnější interpretaci složitých rozhodovacích procesů a řízených systémů. Cílem většiny ekonomických rozhodovacích procesů je z víceméně nepřesných a neurčitých vstupních údajů vyvodit poměrně přesná řešení a rozhodnutí. Fuzzy logika zohledňuje i to, aby přesnost navrženého řešení byla úměrná míře důležitosti sledovaného rozhodnutí. Na určité úrovni řízení, či rozhodování se tedy můžeme smířit i s částečnou mírou nepřesnosti nebo neúplnosti vstupních zpracovávaných údajů. Snaha docílit maximální přesnosti popisu může totiž způsobit rostoucí nepřehlednost a praktickou nepoužitelnost výstupních informací nebo ohrozit včasnost provedeného rozhodnutí.

Cílem této práce je navrhnout model pro hodnocení efektivnosti investic a model na hodnocení finančního zdraví podniku. Tyto modely budou zahrnovat určitou míru neurčitosti, čímž by měl být lepší a snadněji interpretovatelný než zbytečně přesné metody hodnocení investic (čistá současná hodnota, vnitřní míra výnosu, atd.) a bonitní a bankrotní modely. Ty pracují s příliš přesnými čísly a jejich výsledek se potom obtížně interpretuje.

Celá práce je tématicky rozdělena na tři základní části. První část je věnována obecnému popisu finančního řízení a rozhodování podniku se zaměřením na investiční rozhodování. Finanční řízení podniku je těsně spjato s vnějším finančně ekonomickým prostředím, ve kterém podnik funguje. Právě pro neustálé změny okolního prostředí spojené s dynamickým vývojem celé společnosti bylo nutné zahrnout do finančního rozhodování a řízení i neurčitost tohoto prostředí. Druhá část je věnována fuzzy logice, která umožňuje modelovat složité systémy s neurčitými vstupními daty zpravidla vyjádřenými lingvistickými proměnnými. V této části je stručný přehled základních pojmů z oblasti fuzzy logiky se zaměřením na fuzzy inferenční systémy. Třetí část je věnována konkrétním modelům z oblasti finančního rozhodování.

## **2. Finanční řízení a rozhodování**

Finanční řízení a rozhodování [8] podniku představuje v tržní ekonomice nedílnou, takřka dominantní, část jeho ekonomické činnosti. V souvislosti s fungováním podniku dochází k neustálému pohybu peněžních prostředků, kapitálu i finančních zdrojů. Finanční řízení a rozhodování podniku se zabývá pohybem peněz a podnikového kapitálu, který je vyvolán fungováním nejrůznějších forem podnikatelských aktivit. Právě získávání, rozdělování a investování finančních prostředků s cílem maximalizace tržní hodnoty firmy je předmětem finančního řízení a rozhodování. Tato oblast prošla v posledních letech dynamickým vývojem a vyčlenila se jako samostatná ekonomická disciplína z podnikové ekonomiky. Její vývoj těsně souvisí s rozvojem finančních trhů, daňového prostředí, účetnictví a v neposlední řadě obecné vědy o řízení a rozhodování. Právě tato věda umožňuje zahrnout do rozhodování riziko a neurčitost budoucích změn okolního prostředí a zohlednit je v konečném rozhodnutí.

V této kapitole jsou popsány základní typy dlouhodobého a krátkodobého finančního rozhodování a je zde uvedeno, na jaké fáze se člení. Následuje stručný přehled rizik, která mohou kladně nebo záporně ovlivnit hospodaření podniku a jaká je možná ochrana proti nim. Dále je zde popsáno investiční rozhodování, které má dlouhodobý charakter a proto zahrnuje faktor času a riziko možných změn okolního prostředí. Avšak důsledky těchto rozhodnutí ovlivňují efektivnost firmy na několik let dopředu. Závěr této kapitoly je věnován poměrovým ukazatelům charakterizujícím jednotlivé úseky činnosti firmy. Komplexní zpětnou vazbou k finančnímu rozhodování je finanční analýza podniku posuzující pomocí soustavy těchto ukazatelů syntetizovaných v bonitních a bankrotních modelech efektivnost řídicích rozhodnutí. Ta je posuzována zpětným hodnocením výsledků podnikatelských činností u bonitních modelů a predikcí možných ohrožení u bankrotních modelů.

### ***2.1. Typy a fáze finančního rozhodování podniku***

Finanční rozhodování podniku [8,1] můžeme charakterizovat jako proces výběru optimální varianty peněžních prostředků, podnikového kapitálu a jejich užití z hlediska základních finančních cílů podnikání s přihlédnutím k různým omezujícím podmínkám. Nejvýznamnějšími typy rozhodovacích situací v oblasti financování podniku jsou:

1. Rozhodování o celkové výši potřebného kapitálu podniku v návaznosti na úvahu o předpokládané velikosti majetku, odvozenou od očekávaných tržeb.
2. Rozhodování o struktuře podnikového kapitálu, tj. např. o podílu vlastního a cizího kapitálu, různých formách vlastního kapitálu, různých formách cizího kapitálu. Zde je třeba přihlížet zejména k ceně různých druhů kapitálu a k finančnímu riziku.
3. Rozhodování o struktuře podnikového majetku, zejména o podílu peněžních prostředků na celkovém majetku, o podílu oběžného a fixního majetku.
4. Rozhodování o investování podnikového kapitálu. Základní úvaha spočívá v rozhodnutí o finančním nebo věcném (reálném) investování.
5. Rozhodnutí o rozdělování zisku po zdanění. Rozhodování o rozdělení zisku je často omezeno zákonnými požadavky na obligatorní tvorbu rezervních fondů, na způsob vyplácení dividend. Významně ovlivňuje nejen peněžní prostředky určované na rozvoj podniku, ale také jeho tržní hodnotu.
6. Rozhodování o různých formách převzetí a spojování podniků nebo zániku podniku formou jeho likvidace. Je založena především na správném vyjádření tržní hodnoty podniku a na posouzení ekonomického efektu transformace.

Uvedené typy finančního rozhodování se v zásadě týkají dlouhodobého, strategického finančního rozhodování, u kterých se výrazně projevuje nutnost respektovat faktorů času a s tím spojený zvýšený stupeň rizika změn. Krátkodobé finanční rozhodování je méně riskantní, neprojevuje se zde tak výrazně vliv času a jeho změny jsou snadněji realizovatelné. V zásadě je však krátkodobé rozhodování výrazně ovlivněno dlouhodobým finančním rozhodováním. Do oblasti krátkodobého finančního rozhodování patří zejména:

1. Rozhodování o velikosti a struktuře jednotlivých složek oběžného majetku, což je zejména optimalizace peněžních prostředků, výše zásob materiálu nebo nedokončené výroby a hotových výrobků.
2. Rozhodování o optimální formě krátkodobého kapitálu, což je zejména využití obchodních úvěrů, různých variant krátkodobých finančních rezerv, využití krátkodobých finančních záloh atd.
3. Rozhodování o způsobu ochrany proti různým formám rizika vyplývajícího z pohybu cen, úrokových sazeb, devizových kurzů a ovlivňujícího finanční výsledky podniku.

Finanční rozhodování podniku, ať krátkodobé nebo dlouhodobé zahrnuje několik významných fází, které na sebe logicky navazují a vyústí v konečné rozhodnutí. Jednotlivé fáze lze charakterizovat takto:

- vymezení finančního problému a konkrétní stanovení finančních cílů,
- analýza informací a podkladů pro rozhodování,
- stanovení různých variant řešení
- určení kritérií pro výběr optimální varianty a hodnocení variant podle těchto kritérií s přihlédnutím k riziku,
- volba optimální varianty, realizace vybrané varianty a její ověření z hlediska zadaného cíle.

Konkrétní stanovení finančních cílů může být vyjádřeno, buď jako jejich žádoucí stav, nebo stav dosažený v předchozím období, nebo dosažený ve srovnatelných podnicích. Musí však být respektovány omezující podmínky dané možnostmi podniku a celkovou situací ve společnosti, aby byla zaručena reálnost procesu rozhodování. Analýza informací a podklady pro finanční rozhodování se opírá o údaje finančního a manažerského účetnictví, statistické údaje, poznatky o vývoji na trhu zboží, práce, kapitálu atd.

Kritéria finančního rozhodování musí navazovat na stanovené finanční cíle, přičemž úlohu kritéria může někdy plnit přímo stanovený cíl. Stanovený cíl může být rozveden podrobněji tím, že je vyjádřen několika kritérii. Při řazení variant dle zvolených kritérií je nutné zohlednit i riziko. Tím jsou možné odchylky od původních variant. Právě zohledněním rizika se proces finančního rozhodování přiblíží více realitě. Završením celého procesu finančního rozhodování je volba optimální varianty. Za optimální je považována taková varianta, která nejlépe splňuje stanovený cíl při obvyklém riziku. V extrémních případech lze také vycházet z optimistické strategie, u které je volena varianta nezohledňující riziko vůbec, nebo pesimistické, kdy je volena varianta s rizikem nejmenším.

## ***2.2. Riziko ve finančním rozhodování***

Hospodářská činnost podniku [8,6] s sebou nese množství nebezpečí podnikatelského neúspěchu, který může ve svém důsledku narušit finanční rovnováhu celé firmy. Vynaložené prostředky mohou přinést velký zisk, ale mohou být také zcela ztraceny. To může hrozit

zejména při zavádění nových výrobků na neznámé trhy, při výzkumu a vývoji nových technologií, při investiční činnosti atd. Cílem rozhodování a finančního řízení je však ve většině případů opačná situace, při které může hospodářská činnost podniku vést k mimořádným úspěchům a posílení jeho finanční stability. Podnikatelské riziko lze definovat jako možnost odchýlení dosažených výsledků podnikání od výsledků předpokládaných a to jak příznivě, tak i nepříznivě. Vždy je spojeno s pravděpodobností budoucích výnosů. Podnikatelské riziko podniku vzniká v důsledku proměnlivosti hospodářských výsledků za určité období. Riziko spočívá v tom, že ten, kdo rozhoduje si není jist výsledky jednotlivých variant. Obvykle varianta s největším rizikem předpokládá i nejvyšší zisk a naopak varianta s menším rizikem předpokládá menší zisk. Příčiny vzniku podnikatelských rizik mohou být různé, obvykle se člení na objektivní, subjektivní, provozní, inovační nebo investiční. Na základě onoho členění mohou být rizika systematická, která vznikají v důsledku změn v celkovém ekonomickém prostředí, nebo nesystematická, která jsou typická pouze pro určité podniky či odvětví.

Důsledky rizika ve finančním rozhodování mohou být pro podnikatelský subjekt velmi významné. Proto by měl podnik proti negativním důsledkům uskutečňovat rizikovou politiku. Ta spočívá především v identifikaci příčin rizika, měření jeho stupně, kvantifikaci vlivu rizika na podnikatelské výsledky a ochraně proti nim. Riziko ztráty vynaložených prostředků se snižuje rozložením do více akcí, což je diverzifikace výrobního programu, transfer rizika na jiné subjekty nebo tvorbou rezerv všeho druhu. Ochrana proti rizikům však může mít na hospodaření nejen pozitivní, ale i některé negativní dopady. Negativními dopady mohou být růst nákladů nebo vznik některých sekundárních rizik, jako je například znehodnocení pojistných zásob v důsledku dlouhodobého skladování.

Mimo to existuje také finanční riziko, kterým je dodatečná proměnlivost podnikových výnosů na akcii. K tomu může dojít při zvýšeném využívání různých forem financování, které si vynucují fixní platby bez ohledu na to, jaký je vývoj finanční situace podniku. V praxi to znamená, že pokud v podniku stoupá podíl financování formou úvěrů, obligací nebo leasingových splátek je s tím spojeno také vyšší riziko platebních obtíží. Při posuzování finančního rizika nelze vycházet pouze z určitého stupně zadluženosti firmy ale podstatné je zohlednit také riziko plynoucí z investování peněžních prostředků do finančních a hmotných investic.

### **2.3. Investiční rozhodování**

Rozhodování o investicích [8,1] lze charakterizovat jako dlouhodobé rozhodování. Při něm je nezbytné zohlednit faktor času, který způsobuje, že časová hodnota peněz se v průběhu investice mění a riziko změn, ke kterým může dojít v průběhu přípravy a následné realizace projektu. Investice výrazně ovlivňují efektivnost veškeré činnosti podniku po několik let. Proto je jejich příprava a realizace náročná na komplexní znalost interních a externích podmínek, za kterých se investice uskutečňuje, a ve kterých bude působit. Finanční stránkou investičního rozhodování podniku se zabývá kapitálové plánování a dlouhodobé financování, které zahrnuje zejména tyto problémy:

1. Plánování peněžních toků z investic.
2. Finanční kritéria výběru investičních projektů.
3. Zohledňování rizika v kapitálovém plánování a investičním rozhodování.
4. Dlouhodobé financování investiční činnosti podniku.

Investice ovlivňují velmi citelně provozní výsledky hospodaření, a proto mají značný vliv na tržní hodnotu firmy. S ohledem na dlouhé časové období investic stoupá riziko správného odhadu budoucích peněžních příjmů a kapitálových výdajů. Stanovení dlouhodobých podnikových cílů, investiční strategie, vyhledávání a předinvestiční příprava rentabilních investičních projektů je předpokladem pro plánování peněžních toků plynoucích z investice. Cílem investiční politiky podniku je proto příprava, výběr a realizace takových investičních projektů a jejich variant, které přinášejí růst tržní hodnoty firmy. K růstu tržní hodnoty firmy mohou přispívat jen takové investiční projekty, jejichž čistá současná hodnota je pozitivní. To znamená, že součet současných hodnot budoucích peněžních toků plynoucích z investice je vyšší než kapitálové výdaje nutné na její realizaci. Kapitálové výdaje [Valach97] jsou očekávané peněžní výdaje, které vyvolávají očekávané peněžní příjmy po dobu delší než jeden rok. Pro posouzení efektivnosti podnikové investice je rozhodující vymezení skutečných kapitálových výdajů i ročních peněžních příjmů z investice. Tyto údaje jsou základem pro výpočet efektivity investice. Pokud však tyto údaje nepostihují co nejdříve očekávanou skutečnost dojde ke zkreslení úvahy o její efektivnosti.

Metody hodnocení investic [8,1,6] se dělí do dvou významných skupin. První skupinou jsou metody statické, které se používají zejména na poměrování peněžních přínosů z investice

s počátečními výdaji. Tyto metody se používají u méně významných projektů s nízkým stupněm rizika, protože nerespektují faktor času ani rizika. Tři základní metody jsou:

- Průměrný roční výnos, který lze vypočítat jako součet všech cash flow spojených s investicí dělený počtem let životnosti investice.
- Průměrná doba návratnosti udává dobu, za kterou dojde k splacení investice, lze ji vypočítat jako poměr celkové investice a průměrného ročního výnosu.
- Průměrný procentní výnos udává roční návratnost kapitálu v procentech a počítá se jako poměr průměrného ročního výnosu k celkové investici.

Druhou skupinou jsou metody dynamické, které k působení času i rizika na investici přihlížejí. Jednou z nejpoužívanějších a nejvhodnějších dynamických metod stanovení efektivnosti podnikových investic v tržní ekonomice je metoda čisté současné hodnoty [8,1]. Tuto metodu lze zjednodušeně charakterizovat jako porovnání kapitálových výdajů a příjmů z investice, avšak v jejich současné hodnotě. Čistá současná hodnota (1, 2) vyjadřuje rozdíl mezi aktualizovanou hodnotou peněžních příjmů z investice a aktualizovanou hodnotou kapitálových výdajů na investice. Ta varianta investice, která má vyšší aktualizovanou hodnotu, je považována za výhodnější. Výhodou této metody je, že dává srozumitelný výsledek a tím poskytuje jasná rozhodovací kritéria. Matematicky lze vyjádřit čistou současnou hodnotu takto:

$$\check{C}SH = \sum_{n=1}^N P_n \frac{1}{(1+i)^n} - K, \quad (1)$$

nebo

$$\check{C}SH = \frac{P_1}{(1+i)} + \frac{P_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{P_N}{(1+i)^N} - K, \quad (2)$$

kde  $\check{C}SH$  je čistá současná hodnota investiční varianty,

$P_n$  je peněžní příjem v jednotlivých letech životnosti,

$i$  je očekávaná výnosnost investice,

$n = 1, 2, \dots, N$  jsou jednotlivá léta životnosti,

$N$  je doba životnosti,



K je kapitálový výdaj.

Přípustné jsou všechny varianty investice jejichž čistá současná hodnota je větší než nula. Pokud je čistá současná hodnota záporná nedojde realizací investice ani k navrácení vloženého kapitálu. Jestliže je čistá současná hodnota pozitivní, hodnota firmy se zvýší o částku čisté současné hodnoty.

Někdy se investiční varianty hodnotí indexem ziskovosti neboli rentability (3). Je to poměrový ukazatel, vyjadřující relativní vztah mezi aktualizovanými peněžními příjmy z investice a kapitálovými výdaji:

$$I = \frac{\sum_{n=1}^N P_n \frac{1}{(1+i)^n}}{K}, \quad (3)$$

kde I je index ziskovosti. Podobně jako u čisté současné hodnoty je podmínkou přijetí investice, aby index ziskovosti byl větší než jedna. V podstatě je to identické pravidlo, neboť pokud je hodnota budoucích příjmů větší než kapitálové výdaje je i současná čistá hodnota investice kladná. Index ziskovosti je doporučován jako kritérium výběru investičních projektů v těch případech, kdy je nutné vybírat mezi několika projekty, ale zdroje financování neumožňují přijmout všechny projekty, i když mají pozitivní čistou současnou hodnotu. Jestliže jsou zdroje financování investic omezeny je třeba řadit projekty tak, aby dohromady čistá současná hodnota všech projektů, omezena zdroji financování, byla co nejvyšší.

## **2.4. *Financování investic***

Financování investic [8,1] má dlouhodobý charakter a jejich cílem je zabezpečit finanční zdroje na efektivní investice s co nejnižšími průměrnými náklady kapitálu a nenarušit podstatně finanční riziko firmy. Zdroje financování investic lze rozdělit do dvou skupin. Jedna skupina jsou interní zdroje, kterými mohou být vklady vlastníků nebo společníků, odpisy, nerozdělený zisk, nebo výnosy z prodeje a z likvidace hmotného majetku a zásob. Druhou skupinou jsou externí zdroje, které představují určitou formu dluhu, který podnik musí v určené době splatit.

Odpisy hmotného a nehmotného investičního majetku jsou rozhodujícím zdrojem interního financování podniku. Jedná se o peněžní vyjádření postupného opotřebení majetku za určité období. Odpisy jsou sice nákladem, ale nejsou v daném čase peněžním výdajem. Odpisy by měly zohledňovat nejen fyzické opotřebení, ale i opotřebení s ohledem na technický pokrok. Zisk podniku [8] v poměru k vloženému kapitálu je jedním z nejdůležitějších měřítek úspěšnosti podnikání, výrazně ovlivňuje tržní hodnotu firmy. Růst tržní hodnoty firmy je hlavním cílem finančního řízení podniku. Nerozdělený zisk je jednou z položek celkového rozdělování zisku, která ohraničuje prostor jeho použití na investice. Použití nerozděleného zisku k samofinancování podnikového rozvoje se zvyšuje vlastní kapitál podniku. Samofinancováním ze zisku se snižují rizika ze zadlužení a je možné financovat i investice s vyšším rizikem, na které by bylo obtížné zajistit externí finanční zdroje.

Externích zdrojů pro financování investic je celá řada a jsou pevně spjaté s rozvojem a inovacemi na finančních trzích. Nejobvyklejšími formami externích zdrojů financování jsou akcie, obligace, ostatní dlouhodobé a střednědobé dluhy a finanční leasing. Tyto zdroje umožňují pružně reagovat na změny potřeb peněžních prostředků a přispívají ke zvýšení efektivnosti podnikání. Nákladem za používání externího kapitálu jsou úroky a ostatní výdaje spojené s jeho získáním. Externí zdroje zvyšují nároky na udržování likvidity podniku, aby podnik byl schopen hradit své závazky. Přesto je cizí kapitál obvykle levnější než kapitál vlastní.

## ***2.5. Finanční analýza jako podklad pro finanční rozhodování***

Finanční analýza [8,1] představuje významnou součást finančního řízení podniku, která zajišťuje zpětnou vazbu mezi předpokládaným efektem řídicích rozhodnutí a skutečností. Zdrojem pro finanční analýzu jsou data získaná ze základních finančních výkazů, kterými jsou rozvaha, výkaz zisku a ztrát, přehled o finančních tocích nebo ekonomických statistik a údajů z peněžního a kapitálového trhu. Nedostatkem těchto účetních informací je, že zobrazují minulost, popřípadě současnost, ale neobsahují výhledy do budoucnosti. Tyto nedostatky pomáhá překonávat finanční analýza tím, že údaje poměruje mezi sebou navzájem a rozšiřuje tak jejich vypovídací schopnost o minulosti, současnosti a předpokládané budoucnosti finančního hospodaření podniku.

Základním metodickým nástrojem finanční analýzy jsou tzv. finanční poměrové ukazatele. Tyto ukazatele však nepředstavují naprosto přesná měřítka pro sledované charakteristiky hospodaření podniku, ale mají pravděpodobnostní charakter. Těchto ukazatelů je velké množství a proto se sdružují do skupin podle aspektu finančního stavu podniku.

První skupinou jsou ukazatele rentability, určené k hodnocení a celkovému posouzení efektivnosti podniku. Efektivnost podniku je schopnost vytvářet nové zdroje a dosahovat zisku prostřednictvím investovaného kapitálu. Rentabilita [8,1] je zpravidla definována jako poměr zisku a vloženého kapitálu. Podle interpretace vloženého kapitálu do uvedeného vztahu rozlišujeme tři základní ukazatele rentability. Pokud do jmenovatele dosadíme celkový vložený kapitál získáme ukazatel rentability celkového kapitálu, který odráží výkonnost celkového kapitálu u všech aktivit bez ohledu na to z jakých zdrojů byly financovány. Tyto ukazatele jsou dále modifikovány způsobem specifikace zisku dosazovaného do vztahu (před zdaněním spolu s úroky, po zdanění spolu s úroky, popřípadě pouze čistý zisk). Dalším ukazatelem je rentabilita vlastního kapitálu, který vyjadřuje výnosnost kapitálu vloženého akcionáři. Tento ukazatel je definován jako poměr čistého zisku a vlastního jmění. Hodnota tohoto ukazatele by měla být pro udržení zájmu investorů vyšší než míra výnosnosti bezrizikové alokace kapitálu na finančním trhu. Součástí analýzy rentability je pyramidový rozklad rentability na dílčí ukazatele ve vztahu k ukazatelům syntetickým, čímž lze identifikovat objektivní vazby mezi nimi a vliv změn hodnot jednotlivých příčinných ukazatelů na změnu hodnoty ukazatele rentability. Samostatnou podskupinou jsou ukazatele aktivity, neboli vázanosti kapitálu. Nejčastěji sledují obrat zásob, obrat pohledávek a obrat stálých aktiv. Rychlost obratu zásob je definována jako poměr tržeb a průměrného stavu zásob všeho druhu. Výsledkem je absolutní číslo, které vyjadřuje kolikrát se přemění zásoby v ostatní formy oběžného majetku až po prodej hotových výrobků a opětný nákup zásob. Doba obratu zásob je dána poměrem průměrného stavu zásob a průměrných denních nákladů. Tento ukazatel se považuje za ukazatel intenzity využití zásob. Rychlost obratu pohledávek je dána poměrem tržeb a průměrného stavu pohledávek. Vyjadřuje, jak rychle jsou pohledávky přeměňovány v peněžní prostředky. I u pohledávek lze vyjádřit dobu obratu pohledávek, která vyjadřuje kolik dní se majetek podniku vyskytuje ve formě pohledávek a je dán poměrem 365 ku rychlosti obratu pohledávek.

Druhou skupinou jsou ukazatele zadluženosti [8,1], které vyjadřují míru cizích zdrojů použitých k financování svých aktiv a činností. Používání těchto zdrojů ovlivňuje jak výnosnost kapitálu akcionářů, tak riziko. Obecně je ukazatel zadluženosti vyjádřen jako poměr cizího a vlastního kapitálu. Jedním z nich je ukazatel věřitelského rizika, který je

vyjádřen, jako poměr celkových závazků k celkovým aktivům. Z toho vyplývá, že čím vyšší je hodnota tohoto ukazatele, tím vyšší je zadluženost podniku a současně i riziko věřitelů a akcionářů. K měření zadluženosti lze použít i další ukazatele, jako například poměr vlastního jmění k celkovému kapitálu, který se používá pro hodnocení hospodářské a finanční stability podniku.

Třetí skupinou jsou ukazatele platební schopnosti [Valach97, Kislingerová04], neboli likvidity. Obecně jsou tyto ukazatele definovány jako poměr mezi položkami aktiv a položkami pasiv. Likvidita je měřítkem krátkodobé nebo dlouhodobé schopnosti podniku uhradit splatné závazky. Ukazatel běžné likvidity je dán poměrem položek oběžných aktiv a krátkodobých závazků. Vyjadřuje v podstatě kolikrát pokrývají oběžná aktiva krátkodobé závazky podniku, tak aby podnik nebyl nucen k hrazení krátkodobých závazků prodávat hmotný investiční majetek. Čím vyšší je tedy hodnota ukazatele, tím pravděpodobnější je zachování platební schopnosti podniku. Tento ukazatel však nepřihlíží ke struktuře oběžných aktiv z hlediska jejich likvidnosti a struktuře krátkodobých závazků z hlediska doby splatnosti. K potlačení těchto nepřesností se využívá ukazatel pohotové likvidity, jejíž vyjádření je stejné, pouze oběžná aktiva zde nezahrnují hodnotu zásob. Vypovídací schopnost tohoto ukazatele je zejména v jeho změnách v závislosti na čase. Likvidita je zajištěna při hodnotě vyšší než 1, pokud je však hodnota příliš vysoká poukazuje na příliš vysoký objem aktiv vázaných ve formě pohotových prostředků, které přinášejí jen malý nebo žádný úrok. Posledním ukazatelem tohoto typu je ukazatel peněžní likvidity, který je dán poměrem finančního majetku a krátkodobých závazků.

Čtvrtou skupinou jsou ukazatele postavení podniku na kapitálovém trhu, které jsou obecně dané poměrem dividendy a zisku na jednu akcii. Jedním z ukazatelů je výplatní poměr, který vyjadřuje, jak velký podíl vytvořeného čistého zisku je vyplácen akcionářům v podobě dividend. Rozdílem mezi 1 a tímto ukazatelem se získá aktivační poměr, který vyjadřuje podíl zisku reinvestovaného zpět do podniku. Dalším ukazatelem je dividendový výnos, který je dán poměrem dividendy a tržní ceny akcie. Naopak, kapitálový výnos sledující růst tržní hodnoty akcie je dán poměrem tržní ceny akcie a zisku po zdanění na akcii.

Jak bylo výše uvedeno jednotlivé ukazatele mají svoji specifickou vypovídací hodnotu pro určitou oblast činnosti firmy. K posouzení celkové situace podniku je třeba většinou zhodnotit několik těchto ukazatelů současně. Zhodnocení většího množství ukazatelů umožňují bonitní a bankrotní modely. Bankrotní a bonitní modely [5] jsou si značně podobné, neboť oba umožňují přiřadit firmě jeden výsledný hodnotící koeficient. Rozdíl je v jejich účelu a datech, ze kterých vycházejí.

Bonitní modely odpovídají na otázku, zda jde o dobrou nebo špatnou firmu na základě jednoho syntetického ukazatele. Tyto modely jsou založené na teoretických poznacích a porovnávají firmu s oborovými výsledky, tedy se souborem podnikatelských subjektů působících ve stejném oboru. Modely umožňují kombinování kvalitativních a kvantitativních ukazatelů a jejich výsledky jsou přehledné a názorné. Nevýhodou však může být subjektivní pohled hodnotitele, který je ovlivněn jeho odborností. Při konstrukci těchto modelů lze použít dvě skupiny metod, metody komparativně-analytické a matematicko-statistické. Komparativně-analytické metody používají zejména verbální ukazatele, tedy slovně vyjádřenou úroveň. Jednou z těchto metod je SWOT analýza, ta sleduje silné a slabé stránky, příležitosti a hrozby sledované firmy. Další je metoda kritických faktorů úspěšnosti, která slouží k vlastnímu hodnocení firmy a ke komparaci kritických faktorů úspěšnosti sledované firmy s rozhodujícími konkurenty v odvětví. Poslední je metoda analýzy portfolia dvou dimenzí, které představují atraktivnost trhu a konkurenční způsobilost firmy. Pomocí bodového hodnocení každé dimenze sestavíme graf. Z polohy průsečíku je pak zřejmá poloha firmy na trhu. Matematicko-statistické metody vycházejí z transformace různých ukazatelů do jednoho integrálního ukazatele, který vyjadřuje úroveň hodnocené firmy. Tyto metody využívají matici objektů a jejich ukazatelů, jejichž význam je určen přiřazenými vahami. Z hodnot jednotlivých ukazatelů je pomocí vah vypočítán integrální ukazatel.

Bankrotní modely mají indikovat skutečnost, že firmě hrozí v blízké budoucnosti bankrot. Tyto modely jsou odvozeny z reálných situací u firem, které v minulosti zbankrotovaly nebo velmi dobře prosperovaly. Bankrotní modely se snaží indikovat dopředu finančně-ekonomické symptomy, které jsou charakteristické pro ohrožené firmy. Přitom vychází zejména z podílu těchto ukazatelů:

1. cash flow / cizí kapitál,
2. čistý zisk / celková aktiva,
3. cizí kapitál / celková aktiva,
4. čistý pracovní kapitál / celková aktiva.

Jedním z modelů je rychlý test, který umožňuje pomocí různých ukazatelů v krátkém časovém horizontu oklasifikovat analyzovanou firmu. Z každé oblasti analýzy, tedy stability, likvidity, rentability a hospodářského výsledku, je zastoupen jeden ukazatel. Kvóta vlastního kapitálu charakterizuje dlouhodobou finanční stabilitu a samostatnost firmy. Vyjadřuje v jakém poměru pokrývá firma své potřeby z vlastních zdrojů. Další ukazatel je doba splácení

dluhu z cash flow, který vyjadřuje, za jak dlouhé časové období je podnik schopen uhradit své závazky. Tyto dva ukazatele společně charakterizují finanční stabilitu sledované firmy.

Index bonity (4) je založen na multivariační diskriminační analýze a pracuje s těmito ukazateli:

1.  $x_1$  = cash flow / cizí zdroje,
2.  $x_2$  = celková aktiva / cizí zdroje,
3.  $x_3$  = zisk před zdaněním / celková aktiva,
4.  $x_4$  = zisk před zdaněním / celkové výkony,
5.  $x_5$  = zásoby / celkové výkony,
6.  $x_6$  = celkové výkony / celková aktiva.

Index bonity pak můžeme vypočítat z rovnice:

$$B_i = 1,5 \cdot x_{i1} + 0,08 \cdot x_{i2} + 10 \cdot x_{i3} + 5 \cdot x_{i4} + 0,3 \cdot x_{i5} + 0,1 \cdot x_{i6} . \quad (4)$$

Čím větší hodnotu indexu dostaneme, tím je finančně ekonomická situace firmy lepší.

Altmanova formule bankrotu (Z-skóre) vychází z diskriminační funkce (5) zvláště pro firmy s akciemi veřejně obchodovatelnými na burze a zvláště pro předvídání finančního vývoje ostatních firem. Z-skóre pro firmy s veřejně obchodovatelnými akciemi se vypočítá podle vztahu:

$$Z_i = 1,2 \cdot A + 1,4 \cdot B + 3,3 \cdot C + 0,6 \cdot D + 1,0 \cdot E , \quad (5)$$

kde A = pracovní kapitál / celková aktiva,

B = zisk po zdanění / celková aktiva,

C = zisk před zdaněním a úroky / celková aktiva,

D = tržní hodnota vlastního kapitálu / celkové dluhy,

E = celkové tržby / celková aktiva.

Pro předvídání finančního vývoje ostatních firem se index počítá ze vztahu (6):

$$Z_i = 0,717 \cdot A + 0,847 \cdot B + 3,107 \cdot C + 0,42 \cdot D + 0,998 \cdot E , \quad (6)$$

kde A, B, C a E jsou definována stejně a D je stanoven jako podíl základního jmění k celkovým dluhům. U obou indexů opět platí, že čím větší je jeho hodnota, tím je finančně ekonomická situace firmy lepší.

Index IN (7) vznikl na základě modelů, ratingů a praktických zkušeností při analýzách finančního zdraví podniků. Index se vypočítá pomocí vztahu:

$$Z_i = V_1 \cdot A + V_2 \cdot B + V_3 \cdot C + V_4 \cdot D + V_5 \cdot E + V_6 \cdot F, \quad (7)$$

kde A = aktiva / cizí kapitál,

B = EBIT / nákladové úroky,

C = EBIT / celková aktiva,

D = tržby / celková aktiva,

E = oběžná aktiva / krátkodobé závazky,

F = závazky po lhůtě splatnosti / tržby,

V = váhy jednotlivých ukazatelů.

Váhy se vypočtou jako podíl významnosti ukazatele ke kriteriální hodnotě ukazatele. Významnost jednotlivých ukazatelů je stanovena na základě analýz empiricko-induktivních ukazatelů.

Beermanova diskriminační funkce (8) je určena pro hodnocení současné finanční situace a prognózu vývoje v řemeslných a výrobních firmách. Tato funkce má tvar:

$$BDF_i = 0,217 \cdot x_{i1} + (-0,063) \cdot x_{i2} + 0,012 \cdot x_{i3} + 0,077 \cdot x_{i4} + (-0,105) \cdot x_{i5} + (-0,813) \cdot x_{i6} + 0,165 \cdot x_{i7} + 0,161 \cdot x_{i8} + 0,268 \cdot x_{i9} + 0,124 \cdot x_{i10}, \quad (8)$$

kde  $x_1$  = odpisy HIM / (počáteční stav HIM + přírůstek),

$x_2$  = přírůstek HIM / odpisy HIM,

$x_3$  = zisk před zdaněním / tržby,

$x_4$  = závazky vůči bankám / celkové dluhy,

$x_5$  = zásoby / tržby,

$x_6$  = cash flow / celkové dluhy,

$x_7$  = celkové dluhy / aktiva,

$x_8$  = zisk před zdaněním / celková aktiva,

$x_9$  = tržby / celková aktiva,

$x_{10}$  = zisk před zdaněním / celkové dluhy.

Platí, že čím je hodnota funkce nižší než 0,3, tím lepší finanční vývoj můžeme předikovat.

## **2.6. Dílčí závěry**

Finanční rozhodování je jednou z nejdůležitějších činností při řízení podniku, která zabezpečuje jeho efektivní chod. Je to proces ekonomických činností směřující k dosahování finančních cílů podniku. S přihlédnutím k faktoru času a s tím spojeným stupněm rizika změn rozdělujeme finanční rozhodování na krátkodobé a dlouhodobé. Z globálního hlediska je však krátkodobé finanční rozhodování do značné míry ovlivněno dlouhodobým a naopak. Oba typy rozhodování se člení do několika fází, které vycházejí ze stanovených finančních cílů a směřují ke konečnému rozhodnutí. Každé finanční rozhodování je ovlivněno určitou mírou rizika podnikatelského neúspěchu, které je způsobeno změnami v interním a externím ekonomickém prostředí. Jedním z nejzásadnějších je rozhodování o investicích, které následně ovlivňuje efektivnost činnosti podniku po dlouhé období, zpravidla několika let. Pro posouzení efektivnosti podnikových investic existuje několik metod, které se dělí na statické, které nejsou tak významné a dynamické, které přihlížejí k faktoru času a rizika. Jednou z nejvýznamnějších dynamických metod je metoda čisté současné hodnoty. Tato metoda vyjadřuje rozdíl mezi aktualizovanou hodnotou peněžních příjmů z investice a aktualizovanou hodnotou kapitálových výdajů na investici. Zdroje k financování investic lze rozdělit na interní a externí. Stanovení poměru těchto zdrojů při financování investice je významnou součástí finančního rozhodování. Podkladem finančního rozhodování a zároveň zpětnou vazbou mezi předpokládaným efektem a skutečností je finanční analýza. Podkladem finančních analýz jsou data vypovídající o hospodaření podniku, která jsou získána ze základních finančních výkazů. Tato data nemají většinou sama o sobě dostatečnou vypovídací schopnost a proto jsou pomocí finanční analýzy poměřovány mezi sebou navzájem. K tomu slouží ukazatele rentability, zadluženosti, likvidity nebo kapitálového trhu. Výsledkem těchto finančních poměrových ukazatelů jsou závěry o celkovém hospodaření a finanční situaci podniku. Využitím kombinací těchto ukazatelů jsou sestavovány modely,



které se člení na bonitní a bankrotní. Bonitní modely syntetizují tyto ukazatele a ve výsledku vyjadřují finanční situaci podniku. Bankrotní modely pomocí vybraných ukazatelů pomáhají s předstihem indikovat ohrožení finančního zdraví firmy. Zjednodušeně lze bonitní modely charakterizovat jako zhodnocení dosažených výsledků a stanovení jejich příčin, naopak bankrotní modely slouží k předvídání a identifikaci budoucích problémů.

### **3. Fuzzy inferenční systémy**

Pro finanční rozhodování je typické použití přirozeného jazyka. Přirozený jazyk se vyznačuje vágností sémantiky, a proto ho nelze převést přímo do matematických formulí. Finanční řízení a rozhodování podniku je těsně spjata i s vnějším finančně-ekonomickým prostředím, ve kterém podnik funguje. Vyjádření všech těchto vlivů pomocí přesných čísel by neodpovídalo realitě, bylo by časově velice náročné a výsledné číslo by bylo obtížně interpretovatelné. Zejména faktor času má při rozhodování zásadní roli, neboť rozhodnutí učiněné na základě přesných informací, které není učiněno v reálném čase je z praktického hlediska neupotřebitelné. Tyto problémy je možné minimalizovat za pomoci fuzzy logiky, která umožňuje modelovat význam slov přirozeného jazyka a pracovat s určitou mírou nepřesnosti.

V této kapitole jsou proto popsány základní pojmy z oblasti fuzzy logiky. Ta pracuje s fuzzy množinami, jazykovými proměnnými, fuzzy výroky, atd. Rovněž je zde uvedena všeobecná struktura fuzzy inferenčního systému a jeho jednotlivé typy. Rozveden je proces fuzzifikace vstupních proměnných a aplikace operátorů v podmíněných pravidlech. Závěrečnou částí jsou metody defuzzifikace, pomocí kterých je přiřazena ostrá hodnota výstupní proměnné.

#### **3.1. Fuzzy logika**

Historie vědomého používání fuzzy logiky začíná v druhé polovině 20. století, kdy v roce 1965 na Kalifornské univerzitě v Berkeley profesor informatiky Lofti A. Zadeh definoval hlavní zásady fuzzy logiky. Zpočátku byla fuzzy logika využívána zejména k řízení průmyslových procesů. S postupným vývojem se však stále více uplatňuje i při rozhodování v netechnických disciplínách. Fuzzy logika je matematická disciplína, která umožňuje zahrnout nepřesnost a umožňuje pracovat s přirozeným jazykem. Jedná se tedy o využití znalostí a zkušeností člověka, která jsou formou definovaných pravidel, využívána v automatizovaném procesu řízení (rozhodování). Fuzzy logika tedy najde uplatnění všude tam, kde řešíme problém spojený s neurčitostí nebo nepřesností, případně je problém silně ovlivněn subjektivním úsudkem rozhodovatele. Fuzzy logika se snaží pokrýt realitu v její neurčitosti a nepřesnosti, kde přílišná snaha o přesnost popisů by vedla k odklonu od reality.

Samotný pojem fuzzy logika se nepřekládá a v českém jazyce je mu nejbližší výraz neostrá, mlhavá logika, čímž je vyjádřen rozdíl od ostré Boolovy logiky, která je založena na dvou stavech, pravda nebo nepravda.

Podle současné klasifikace se fuzzy logika [2,4] dělí na fuzzy logiku v užším a širším smyslu. Fuzzy logika v užším smyslu je speciální vícehodnotová logika, jejímž cílem je poskytnout prostředky pro modelování fenoménu vágnosti pomocí zavedení stupňů. Fuzzy logika v širším smyslu zahrnuje zejména teorii přibližné dedukce, tj. model lidského usuzování, jehož charakteristickým znakem je používání přirozeného jazyka [2]. Proto jsou zavedeny základní pojmy fuzzy logiky, a to fuzzy množiny, jazyková proměnná, fuzzy výroky, atd. Pomocí těchto pojmů je možné definovat základní typy fuzzy inferenčních systémů.

### **3.2. Fuzzy množiny**

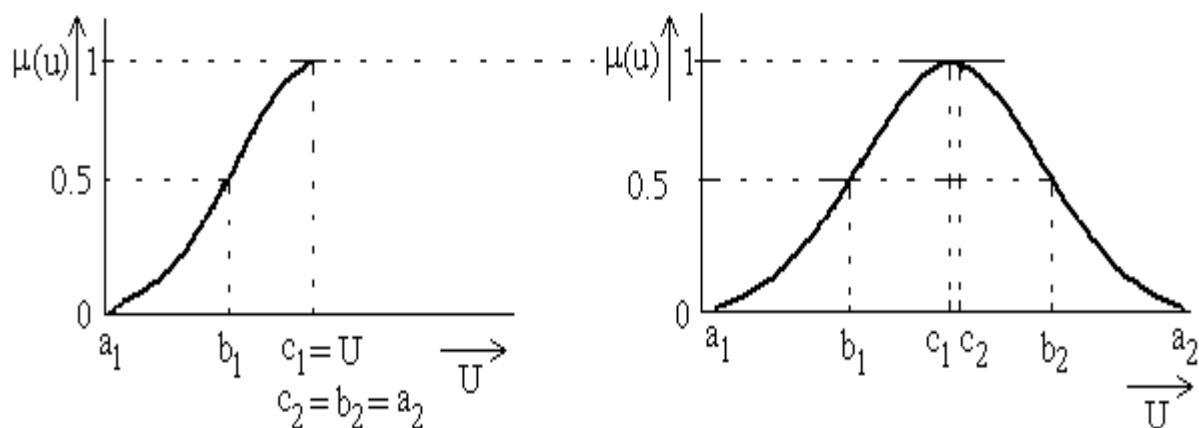
Základním principem fuzzy logiky je teorie fuzzy množin, jejíž myšlenka je poměrně jednoduchá a přirozená. Základní podmínkou je transformace jazykových prvků do kvantifikované stupnice, čímž je umožněno zpracovávat nenumerné informace pomocí lingvistické proměnné.

Pokud není možné stanovit přesné hranice množiny nahradíme rozhodnutí o náležitosti nebo nenáležitosti nějakého prvku do množiny určitou mírou vybranou z předem definovaného intervalu. Hlavní rozdíl je tedy v tom, že v klasické teorii množin je ostrá hranice mezi tím, zda prvek do množiny patří nebo nepatří. U klasických množin se pracuje s dvouprvkovou množinou hodnot  $\{0,1\}$ , které vyjadřují, že prvek do množiny patří „1“ nebo nepatří „0“. Ve fuzzy logice se tato dvouprvková množina rozšíří na celý interval možných hodnot  $\langle 0,1 \rangle$ . To znamená, že každý prvek množiny je do množiny přiřazen na základě určité míry příslušnosti, přičemž 0 a 1 jsou mezní hodnoty. Funkce, která výše uvedenou míru příslušnosti určuje nazýváme funkcí příslušnosti (9). Funkce příslušnosti  $\mu_A$  fuzzy množiny A [2,4] je funkce:

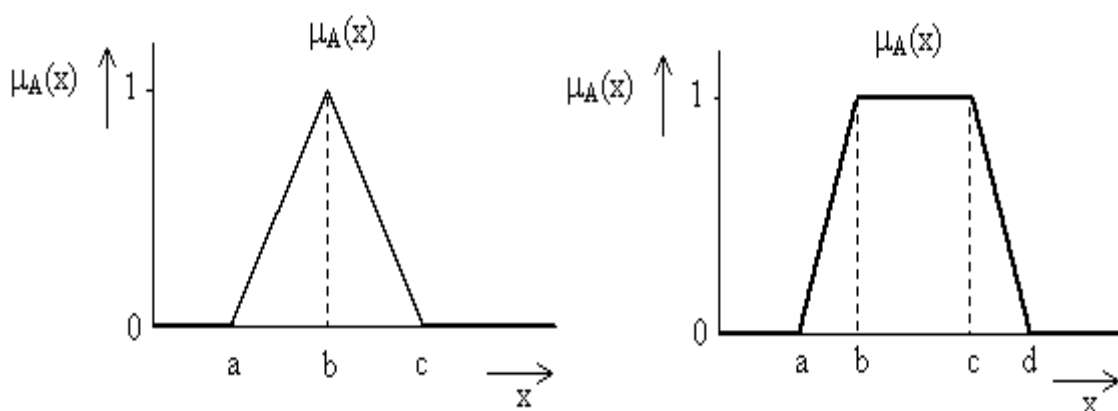
$$\mu_A : U \rightarrow [0,1], \text{ kde } U \text{ je univerzum.} \quad (9)$$

Každý prvek  $x \in U$  má stupeň příslušnosti  $\mu_A(x) \in [0,1]$ . Tvar funkce příslušnosti může být různý. Na obr. 1 jsou uvedeny funkce příslušnosti typu S a  $\Pi$ , trojúhelníková a

lichoběžníková funkce příslušnosti jsou uvedeny na obr. 2. Určení funkcí příslušnosti je možné expertně (dotazováním expertů) nebo automaticky z dat [4].



**Obr. 1** Funkce příslušnosti typu S a  $\Pi$  [4]



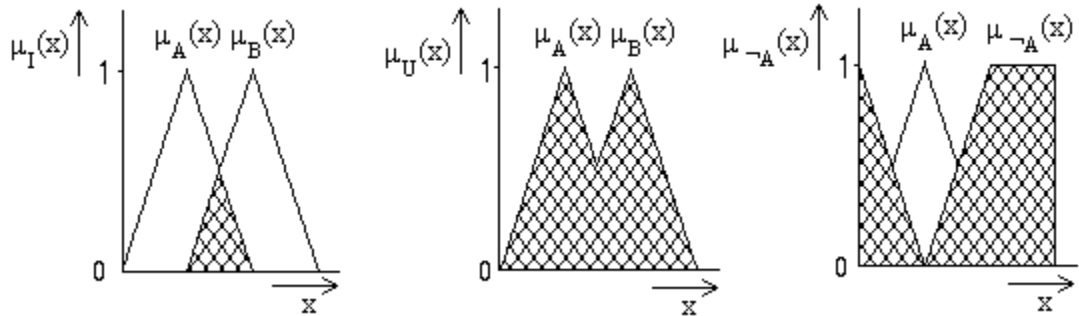
**Obr. 2** Trojúhelníková (vlevo) a lichoběžníková (vpravo) funkce příslušnosti [4]

**Legenda:** a, b, c, d jsou parametry funkce příslušnosti.

Fuzzy množina A [2] je jednoznačně určena (10) prvkem  $x \in U$  a jemu odpovídající hodnotou funkce příslušnosti  $\mu_A(x)$ , tj. množinou dvojic  $(x, \mu_A(x))$  takto:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) / x \in U\}. \tag{10}$$

Dále jsou uvedeny základní operace s fuzzy množinami [2,4]. Necht' A,B,C jsou fuzzy množiny a  $\emptyset$  je prázdná množina. Potom lze definovat funkce příslušnosti  $\mu_I(x)$ ,  $\mu_U(x)$ ,  $\mu_{\neg A}(x)$  znázorněné na obr. 3.



**Obr. 3** Funkce příslušnosti  $\mu_I(x)$ ,  $\mu_U(x)$ ,  $\mu_{\neg A}(x)$  [4]

Funkci příslušnosti  $\mu_I(x)$  průniku  $I=A \cap B$  ve tvaru (11):

$$\mu_I(x) = \text{MIN}\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}, \quad (11)$$

s těmito vlastnostmi:  $A \cap X = A$ ,  $A \cap \emptyset = \emptyset$ ,  $A \cap B = B \cap A$ ,  $A \cap (B \cap C) = (A \cap B) \cap C$ . Funkci příslušnosti  $\mu_U(x)$  sjednocení  $U=A \cup B$  ve tvaru (12):

$$\mu_U(x) = \text{MAX}\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}, \quad (12)$$

s těmito vlastnostmi:  $A \cup X = X$ ,  $A \cup \emptyset = A$ ,  $A \cup B = B \cup A$ ,  $A \cup (B \cup C) = (A \cup B) \cup C$  a funkci příslušnosti  $\mu_{\neg A}(x)$  doplňku  $\neg A = 1 - A$  ve tvaru (13):

$$\mu_{\neg A}(x) = 1 - \mu_A(x). \quad (13)$$

Třída funkcí, která vyhovuje (11) se nazývá trojúhelníková norma (t-norma) [4]. Může být vyjádřena (14) následujícím způsobem:

$$I = A \cap B \Leftrightarrow \forall x \in X: \mu_I(x) = \mu_A(x) \text{ t } \mu_B(x) \leq \text{MIN}\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}. \quad (14)$$

Nechť t-norma je zobrazení  $t: [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1] \forall w,x,y,z \in [0,1]$ . Potom t-norma je:

$$\begin{array}{ll} t(x,y) \leq t(w,z), x \leq w, y \leq z, & \text{monotónní,} \\ t(x,y) = t(y,x), & \text{komutativní,} \\ t(t(x,y),z) = t(x,t(y,z)), & \text{asociativní,} \\ t(x,1) = x, t(0,1)=0, & \text{ohraničená.} \end{array}$$

Třída funkcí, která vyhovuje (12) se nazývá s-norma (t-conorma) [4]. Může být vyjádřena (15) následujícím způsobem:

$$U = A \cup B \Leftrightarrow \forall x \in X: \mu_U(x) = \text{MAX}\{\mu_A(x), \mu_B(x)\} \leq \mu_A(x) \text{ s } \mu_B(x). \quad (15)$$

Nechť s-norma je zobrazení  $s: [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1] \forall w,x,y,z \in [0,1]$ . Potom s-norma je:

$$\begin{array}{ll} s(x,y) \leq s(w,z), \forall x \leq w, y \leq z, & \text{monotónní,} \\ s(x,y) = s(y,x), & \text{komutativní,} \\ s(s(x,y),z) = s(x,s(y,z)), & \text{asociativní,} \\ s(x,0) = x, s(1,0) = 1, & \text{ohraničená.} \end{array}$$

Funkce příslušnosti (11), (12) a (13) definované pomocí operací konjunkce, disjunkce a negace nad fuzzy množinami jsou používané nejčastěji. Operací, které mohou reprezentovat průnik fuzzy množin (t-norma) a sjednocení fuzzy množin (s-norma), je celá řada. Jsou uvedeny např. v [2].

### 3.3. Všeobecná struktura fuzzy inferenčních systémů

Fuzzy množiny jsou vhodným nástrojem pro interpretaci významu slov. Základním prvkem přibližného usuzování je jazyková proměnná [2,7]. Reprezentuje znalost a její hodnoty jsou slova přirozeného jazyka. Hodnoty jazykové proměnné se obecně nazývají jazykové výrazy. Podle [2] je jazyková proměnná definovaná jako šestice

$$JP = \langle X, T(X), G, M, P, SP \rangle, \quad (16)$$

- kde:
- X je jméno jazykové proměnné,
  - T(X) je množina hodnot JP - jazykových výrazů,
  - G je syntaktické pravidlo, pomocí kterého jsou tvořeny jazykové výrazy z množiny T(X),
  - M je množina kanonických objektů,
  - P={V | V je možný svět} je třída možných světů,
  - SP je sémantické pravidlo, přiřazující každému jazykovému výrazu jeho význam.

Pojem jazykové proměnné je vhodný zejména při popisu rozměrů či velikostí. V této souvislosti je důležité uvést pojem fuzzy výrok [2,7]. Nejjednodušší fuzzy výrok se nazývá atomický. Je definován pomocí funkce příslušnosti  $\mu_A$ , která je definována na univerzu U. Hodnota funkce příslušnosti  $\mu_A(x)$  potom určuje stupeň, s jakým ostrá hodnota proměnné x patří do fuzzy množiny A. Atomické fuzzy výroky mohou být spojeny spojkami AND, OR, NOT a vytvářejí tak složené fuzzy výroky. Potom, výroková fuzzy logika – VFL (17) [Olej03, Novák86] je algebraický systém:

$$VFL = \langle [0,1], \wedge, \vee, \neg \rangle, \quad (17)$$

- kde:
- uzavřený interval [0,1] je množina pravdivostních hodnot fuzzy výroku,
  - $\wedge$  je operace konjunkce,
  - $\vee$  je operace disjunkce,
  - $\neg$  je operace negace.

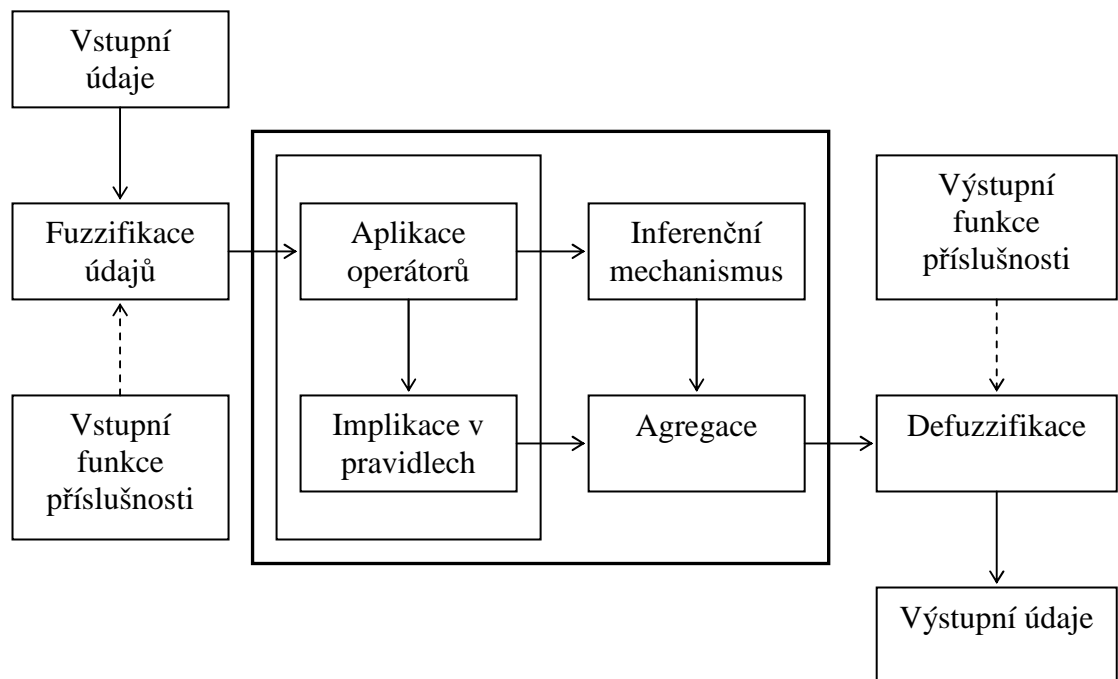
Pravdivostní hodnota fuzzy výroku blížící se ke krajním hodnotám určuje vyšší jistotu o pravdivosti nebo nepravdivosti fuzzy výroku. Při hodnotě 0,5 se nelze s jistotou o pravdivosti výroku vyjádřit.

Fuzzy podmíněná pravidla jsou využívána prakticky ve všech oblastech rozhodování a rozpoznávání. Fuzzy výrok typu IF-THEN [2,4] se nazývá fuzzy implikace (podmíněné pravidlo) a je symbolicky vyjádřen takto:

$$\text{IF (fuzzy výrok) THEN (fuzzy výrok)}, \quad (18)$$

- kde:
- fuzzy výrok je buď atomický nebo složený,
  - fuzzy výrok před THEN se nazývá antecedent (předpoklad),
  - fuzzy výrok za THEN se nazývá konsekvent (závěr).

Všeobecná struktura fuzzy inferenčního systému [4,2] je znázorněná na obr. 4. Obsahuje proces fuzzifikace vstupních proměnných pomocí funkcí příslušnosti, návrh báze podmíněných pravidel nebo automatickou extrakci podmíněných pravidel ze vstupních údajů, aplikaci operátorů (AND, OR, NOT) v podmíněných pravidlech, implikaci a agregaci v rámci těchto pravidel a proces defuzzifikace získaných výstupů na ostré hodnoty.



**Obr. 4 Všeobecná struktura fuzzy inferenčního systému [4]**

V procesu fuzzifikace jsou vstupy transformovány do oboru hodnot vstupních funkcí příslušnosti. Inferenční mechanismus je založený na operacích fuzzy logiky a implikaci v rámci podmíněných pravidel [2,3]. Na základě agregačního procesu jsou transformovány výstupy jednotlivých podmíněných pravidel do výstupní fuzzy množiny. V procesu defuzzifikace je provedena konverze fuzzy hodnot na očekávané ostré hodnoty.

Návrh tvaru, počtu a parametrů vstupních a výstupních funkcí příslušnosti lze realizovat pomocí expertů nebo generovat automaticky, např. pomocí neuronové sítě. Při expertním návrhu jsou dotazováni experti na danou problematiku, při automatickém návrhu jsou funkce



příslušnosti extrahovány ze vstupně-výstupních dat. Při tomto návrhu se používají především trojúhelníkové, lichoběžníkové a jiné funkce příslušnosti. Vstupem do fuzzifikačního procesu je ostrá hodnota, která je dána univerzem (referenční množinou)  $U$ . Výstupem fuzzifikačního procesu je hodnota funkce příslušnosti  $\mu_A(x)$ . Báze podmíněných pravidel se skládá z podmíněných pravidel [2,3]. Tato pravidla se používají pro tvorbu fuzzy podmíněných výroků, které tvoří základ fuzzy inferenčních systémů.

Na základě všeobecné struktury fuzzy inferenčních systémů lze navrhnout tři základní typy fuzzy inferenčních systémů, a to typ Mamdani, typ Takagi-Sugeno a typ Tsukamoto [3]. Tyto typy fuzzy inferenčních systémů se liší ve způsobu určení výstupů. Různá formulace výstupů způsobuje odlišnou konstrukci podmíněných pravidel. Podmíněná pravidla lze získat pomocí expertů nebo prostřednictvím extrakce ze vstupně-výstupních dat [3]. Fuzzifikace vstupních proměnných a aplikace operátorů v podmíněných pravidlech jsou ve všech typech fuzzy inferenčních systémů stejné.

Nechť  $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n$  jsou vstupní proměnné definované na referenčních množinách  $X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_n$  a  $y$  je výstupní proměnná definovaná na referenční množině  $Y$ . Potom fuzzy inferenční systém má  $n$  vstupních proměnných a jednu výstupní proměnnou. Každou množinu  $X_i$ ,  $i=1,2, \dots, n$ , lze rozdělit na  $p_j$ ,  $j=1,2, \dots, m$ , funkcí příslušnosti  $\mu_1^{(i)}(x), \mu_2^{(i)}(x), \dots, \mu_{p_j}^{(i)}(x), \dots, \mu_m^{(i)}(x)$ . Jednotlivé funkce příslušnosti  $\mu_1^{(i)}(x), \mu_2^{(i)}(x), \dots, \mu_{p_j}^{(i)}(x), \dots, \mu_m^{(i)}(x)$ ,  $i=1,2, \dots, n$ ;  $j=1,2, \dots, m$  představují přiřazení hodnot jazykových proměnných, které se vztahují k množinám  $X_i$ . Podobně množina  $Y$  je rozdělena na  $p_k$ ,  $k=1,2, \dots, o$ , funkcí příslušnosti  $\mu_1(y), \mu_2(y), \dots, \mu_{p_k}(y), \dots, \mu_o(y)$ . Funkce příslušnosti  $\mu_1(y), \mu_2(y), \dots, \mu_{p_k}(y), \dots, \mu_o(y)$  představují přiřazení hodnot jazykových proměnných pro množinu  $Y$ . Potom podmíněné pravidlo (19) u fuzzy inferenčních systémů typu Mamdani lze zapsat ve tvaru [Olej03, Novák00]

$$\text{IF } x_1 \text{ is } A_1^{(i)} \text{ AND } x_2 \text{ is } A_2^{(i)} \text{ AND } \dots \text{ AND } x_n \text{ is } A_{p_j}^{(i)} \text{ THEN } y \text{ is } B, \quad (19)$$

kde: -  $i=1,2, \dots, n$ ;  $j=1,2, \dots, m$ ,

-  $A_1^{(i)}, A_2^{(i)}, \dots, A_{p_j}^{(i)}$  reprezentují hodnoty jazykové proměnné, které odpovídají funkcím příslušnosti  $\mu_1^{(i)}(x), \mu_2^{(i)}(x), \dots, \mu_{p_j}^{(i)}(x), \dots, \mu_m^{(i)}(x)$ ,

-  $B$  reprezentuje hodnoty jazykové proměnné, která odpovídá funkcím příslušnosti  $\mu_1(y), \mu_2(y), \dots, \mu_{p_k}(y), \dots, \mu_o(y)$ ,  $k=1,2, \dots, o$ .

Modifikací fuzzy inferenčního systému typu Mamdani je fuzzy inferenční systém typu Takagi-Sugeno. Výstupem fuzzy inferenčního systému Takagi-Sugeno je ostré číslo, které je získané jako hodnota lineární kombinace hodnot vstupních proměnných. Podmíněné pravidlo (20) ve fuzzy inferenčním systému typu Takagi-Sugeno lze zapsat takto [3]

$$\text{IF } x_1 \text{ is } A_1^{(i)} \text{ AND } x_2 \text{ is } A_2^{(i)} \text{ AND } \dots \text{ AND } x_n \text{ is } A_{p_j}^{(i)} \text{ THEN } y = h, \quad (20)$$

kde  $h$  je konstanta.

Fuzzy inferenční systém, který se skládá z podmíněných pravidel definovaných podle (20) se označuje jako fuzzy inferenční systém typu Takagi-Sugeno nultého řádu. Jestliže má podmíněné pravidlo ve fuzzy inferenčním systému typu Takagi-Sugeno tvar [4]

$$\text{IF } x_1 \text{ is } A_1^{(i)} \text{ AND } x_2 \text{ is } A_2^{(i)} \text{ AND } \dots \text{ AND } x_n \text{ is } A_{p_j}^{(i)} \text{ THEN } y = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (21)$$

kde  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  je lineární funkce, pak se tento fuzzy inferenční systém označuje jako fuzzy inferenční systém typu Takagi-Sugeno prvního řádu. Jestliže je  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  polynomičká funkce, jedná se o fuzzy inferenční systém typu Takagi-Sugeno druhého řádu. Použití tohoto fuzzy inferenčního systému zvyšuje rychlost defuzzifikačního procesu, protože se podstatně snižuje výpočtový proces v porovnání se všeobecnějším fuzzy inferenčním systémem typu Mamdani [4].

Tvar podmíněného pravidla pro fuzzy inferenční systém typu Tsukamoto lze zapsat takto:

$$\text{IF } x_1 \text{ is } A_1^{(i)} \text{ AND } x_2 \text{ is } A_2^{(i)} \text{ AND } \dots \text{ AND } x_n \text{ is } A_{p_j}^{(i)} \text{ THEN } y \text{ is } C_i, \quad (22)$$

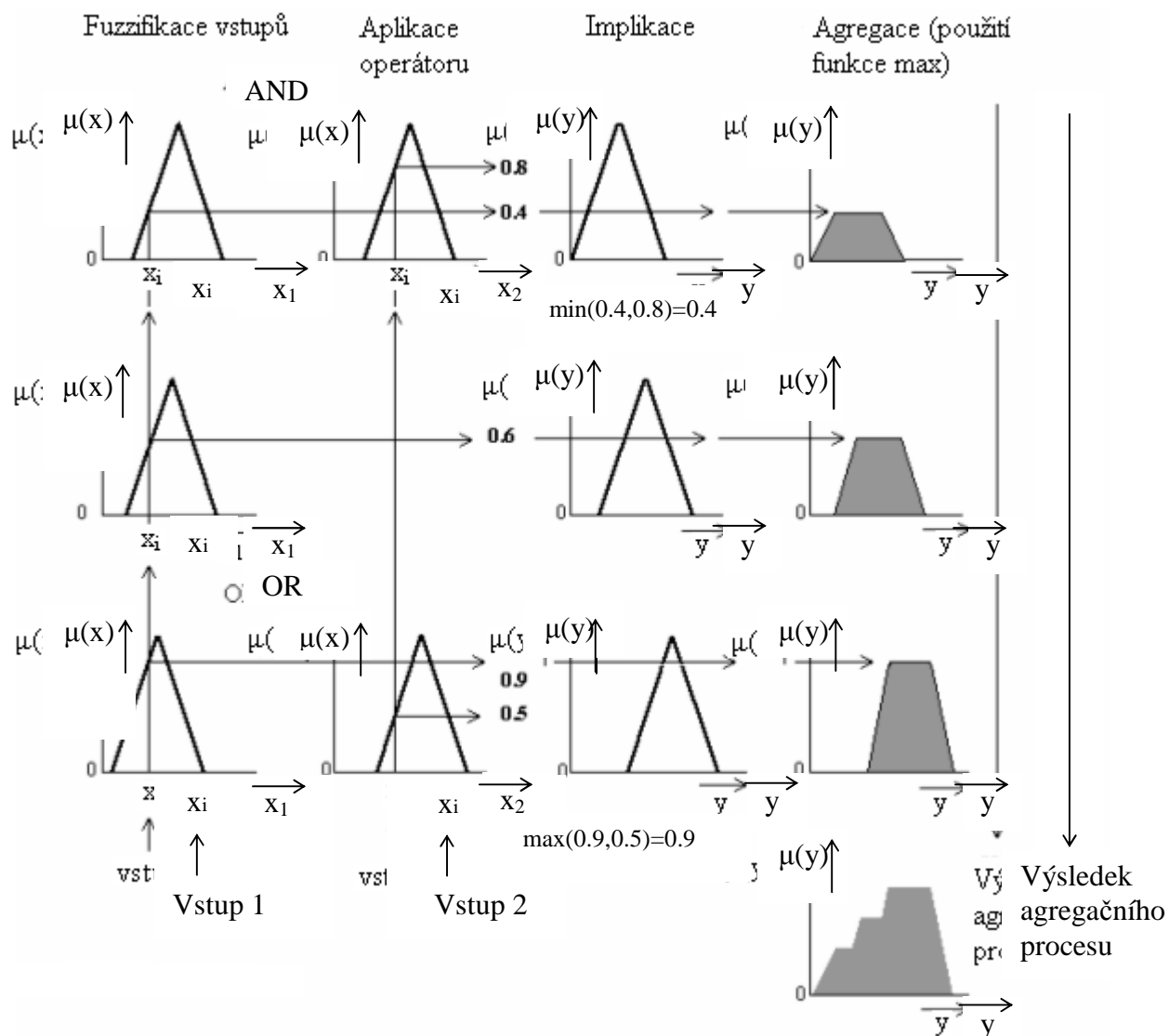
kde  $C_i$  je zcela monotónní (přímo rostoucí nebo přímo klesající) funkce.

Výsledkem antecedentní části podmíněného pravidla je hodnota z intervalu  $[0,1]$ . Výsledek konsekventu je reprezentovaný jako fuzzy množina pro fuzzy inferenční systém typu Mamdani. Interpretace podmíněného pravidla je provedena ve třech krocích. Nejprve jsou fuzzifikovány vstupy, pak jsou aplikovány fuzzy operátory [4]. Výsledkem těchto kroků je výstupní hodnota antecedentní části. Následuje aplikace takto získaného výsledku v konsekventu (implikace). Pokud se antecedent podmíněného pravidla skládá z více částí, jsou

všechny části antecedentu vypočítané souběžně a transformované na hodnotu z intervalu [0,1] pomocí logických operátorů. Toto číslo představuje výsledek antecedentní části podmíněného pravidla.

Konsekvent je ovlivněný antecedentem tak, že implikační funkce modifikuje fuzzy množinu, která je výstupem konsekventu podle stupně specifikovaném v antecedentu. Než se použije implikační metoda, jsou brány do úvahy váhy jednotlivých podmíněných pravidel. Každé z nich má váhu z intervalu [0,1], která je aplikovaná na výstupní hodnotu antecedentu. Následuje proces implikace [4], což je změna funkce příslušnosti konsekventu pomocí funkce, která je asociovaná s výstupem antecedentu.

Vstupem do implikačního procesu je hodnota z intervalu [0,1] a výstupem je modifikovaná fuzzy množina. Implikační proces se uskutečňuje pro každé podmíněné pravidlo z báze podmíněných pravidel. Nejčastějšími způsoby modifikace výstupní fuzzy množiny jsou zkrácení, které používá MIN funkci a škálování, které používá PROD funkci. Vzhledem k tomu, že fuzzy inferenční systém obvykle vyžaduje více podmíněných pravidel, je potřeba uskutečnit proces agregace. Agregací proces fuzzy inferenčních systémů typu Mamdani je znázorněn na obr. 5 [4]. Agregace je transformace výstupů každého podmíněného pravidla do jedné výstupní fuzzy množiny. Tato množina je nejprve defuzzifikována, čímž je přiřazena ostrá hodnota výstupní proměnné. Agregace je realizována pro každou výstupní proměnnou. Vstupem do agregačního procesu jsou modifikované fuzzy množiny. Výstupem agregačního procesu je jedna fuzzy množina pro každou výstupní proměnnou. Mezi nejčastěji používané agregační metody patří funkce MAX, představující maximální hodnotu výstupní fuzzy množiny každého podmíněného pravidla nebo SUM představující součet výstupních fuzzy množin jednotlivých podmíněných pravidel. Pomocí nich je vyprodukován fuzzifikovaný výstup, který je potřeba transformovat zpět na ostrou hodnotu. Vstupem do defuzzifikačního procesu je agregovaná fuzzy množina. Výstupem je ostré číslo.



Obr. 5 Agregací proces [4]

Nechť  $C$  je výstupní fuzzy množina, která prošla agregací procesem a nechť defuzzifikovaná hodnota výstupu je  $y_0(C)$ . Potom defuzzifikační proces má tvar  $D: [0,1] \rightarrow y_0(C)$ . Nejpoužívanější defuzzifikační metodou je metoda středu těžiště COG (Center of Gravity) [4]. Pomocí této metody lze určit těžiště plochy, která se nachází pod křivkou charakterizující agregovanou fuzzy množinu takto:

$$y_0(C) = \frac{\sum_{j=1}^p y_j \times \mu_C(y_j)}{\sum_{j=1}^p \mu_C(y_j)}, \quad (23)$$

kde: -  $\mu_C(y_j)$  je hodnota funkce příslušnosti agregované fuzzy množiny pro hodnotu  $y_j$ ,  
 -  $y_j$  je hodnota z referenční množiny  $Y$ .

Typickou vlastností této metody je, že bere v úvahu všechny hodnoty funkce příslušnosti  $\mu_C(y_j)$  výstupní fuzzy množiny  $C$ . Metodu lze upravit tak, aby všechny hodnoty v úvahu brány nebyly. Hodnoty funkce příslušnosti  $\mu_C(y_j)$  pod určitým prahem jsou vyloučeny. Důvodem je, že malé hodnoty funkce příslušnosti jsou nenulové pouze kvůli existenci nějakého šumu. Defuzzifikovaná hodnota výstupu  $y_0^\lambda(C)$  je pak určena takto [4]:

$$y_0^\alpha(C) = \frac{\sum_{j=1}^p y_j \times \mu_C^\alpha(y_j)}{\sum_{j=1}^p \mu_C^\alpha(y_j)}, \quad (24)$$

kde: -  $\alpha$  je zvolená prahová hodnota,  
 -  $\mu_C^\alpha(y_j)$  je hodnota funkce příslušnosti agregované fuzzy množiny pro hodnotu  $y_j$ , která splňuje podmínku  $\mu_C(y_j) \geq \alpha$ .

Dalšími defuzzifikačními metodami [2] jsou metoda MOM (Mean of Maxima), která bere v úvahu všechny prvky, jejichž stupeň příslušnosti je maximální a metody FOM (First of Maxima) a LOM (Last of Maxima), které jsou jednodušší, ale jejich význam je okrajový. Důležitým parametrem každé defuzzifikační metody je její výpočetní náročnost. Z tohoto pohledu je metoda COG nejnáročnější, poskytuje však obvykle nejlepší výsledky [4]. Pomocí fuzzy inferenčního systému lze aproximovat funkci (obecně nelineární) jedné nebo více proměnných. Tento typ aproximace používá slovního popisu, proto se nazývá jazyková aproximace. Aproximovat lze s libovolnou přesností libovolnou spojitou funkci definovanou na spojitě množině. Přesnost této aproximace závisí na počtu, tvaru a umístění funkcí příslušnosti  $\mu_A$  v univerzech  $U$ . Fuzzy aproximace má oproti jiným metodám přednost v možnosti aplikace kvalitativních znalostí o aproximované funkci. Navíc lze změnou parametrů fuzzy inferenčního systému lokálně ovlivňovat vlastnosti aproximační funkce.

### 3.4. Dílčí závěry

Fuzzy logika je matematická disciplína, která umožňuje zahrnout nepřesnost nebo neurčitost a umožňuje pracovat s výrazy přirozeného jazyka. Umožňuje využití znalostí a zkušeností člověka, která jsou formou definovaných pravidel, využívána v automatizovaném procesu řízení nebo rozhodování. Základním postupem je transformace jazykových prvků do kvantifikované stupnice a vytvoření fuzzy množin, čímž je umožněno zpracovávat nenumerické informace pomocí lingvistické proměnné. Náležení nebo nenáležení prvků do fuzzy množiny je provedeno na základě určité míry příslušnosti. Funkce, která výše uvedenou míru příslušnosti určuje nazýváme funkcí příslušnosti prvku do fuzzy množiny. Tvar funkce příslušnosti může být typu S,  $\Pi$ , trojúhelníkový, lichoběžníkový, atd. S takto charakterizovanými fuzzy množinami lze provádět operace, z nichž základní jsou průnik, sjednocení a doplněk. Fuzzy množiny lze použít také jako nástrojem pro interpretaci významu slov. Základním prvkem přibližného usuzování je jazyková proměnná, která reprezentuje znalost a její hodnoty jsou slova přirozeného jazyka, které se obecně nazývají jazykové výrazy. Využití jazykové proměnné je vhodný zejména při popisu rozměrů či velikostí. S tím úzce souvisí pojem fuzzy výrok. Nejjednodušší fuzzy výrok se nazývá atomický. Je definován pomocí funkce příslušnosti  $\mu_A$ , která je definována na univerzu U. Atomické fuzzy výroky mohou být spojeny spojkami AND, OR, NOT a vytvářet tak složené fuzzy výroky. Fuzzy výrok typu IF-THEN se nazývá fuzzy implikace neboli podmíněné pravidlo. Všeobecná struktura fuzzy inferenčního systému obsahuje proces fuzzifikace vstupních proměnných pomocí funkcí příslušnosti, návrh báze podmíněných pravidel nebo automatickou extrakci podmíněných pravidel ze vstupních údajů, aplikaci operátorů (AND, OR, NOT) v podmíněných pravidlech, implikaci a agregaci v rámci těchto pravidel a proces defuzzifikace získaných výstupů na ostré hodnoty. Ze všeobecné struktury fuzzy inferenčních systémů vychází tři základní typy fuzzy inferenčních systémů, a to typ Mamdani, typ Takagi-Sugeno a typ Tsukamoto, které se liší zejména ve způsobu určení výstupů.

## 4. Vybrané finanční modely za rizika a nejistoty

V této kapitole budou navrženy finanční modely umožňující realizovat riziko a nejistotu přítomnou ve finančním rozhodování. Prvním modelem je stanovení čisté současné hodnoty za rizika a nejistoty, kde je porovnán tradiční přístup výpočtu čisté současné hodnoty s modelem čisté současné hodnoty za nejistoty na bázi fuzzy logiky. Další model finančního zdraví podniků umožňuje určení finančního zdraví podniku pomocí fuzzy inferenčního systému typu Mamdani.

### 4.1. Stanovení čisté současné hodnoty za rizika a nejistoty

Model stanovení čisté současné hodnoty na bázi fuzzy logiky platí obecně. V práci jsou prezentovány výsledky tohoto modelu na příkladu, pro který platí následující předpoklady. Ve firmě se rozhoduje o investičním projektu s dobou životnosti tři roky a investičními výdaji 635 peněžních jednotek, rizikový náklad kapitálu činí 10%. Budoucí finanční toky však vzhledem k neurčitosti lze stanovit za nejistoty pomocí fuzzy čísel typu kvadratických T-čísel nebo za rizika prostřednictvím rozdělení pravděpodobnosti. Prvním úkolem tohoto příkladu je určit čistou současnou hodnotu (NPV) projektu jako fuzzy množinu (obr. 6), jestliže CF jsou zadány jako kvadratická T-čísla. Druhým úkolem je určit rozdělení pravděpodobnosti NPV projektu, jestliže CF jsou zadány jako normální rozdělení pravděpodobnosti a předpokládá se statistická nezávislost CF [9].

Krajní body  $\varepsilon$ -řezu NPV, s využitím operace fuzzy skalární součin a fuzzy sčítání [9].

$$NPV^\varepsilon = \left[ {}^-NPV^\varepsilon; {}^+NPV^\varepsilon \right] = \left[ \sum_t df_t \cdot {}^-CF_t^\varepsilon; \sum_t df_t \cdot {}^+CF_t^\varepsilon \right], \quad (25)$$

$$\text{kde } {}^-CF_t^\varepsilon = (CF_t^L - CF_t^\alpha) + \sqrt{\varepsilon} \cdot CF_t^\alpha,$$

$${}^+CF_t^\varepsilon = (CF_t^U - CF_t^\beta) + \sqrt{\varepsilon} \cdot CF_t^\beta.$$

Výpočet směrodatné odchylky a střední hodnoty NPV [9].

$$\sigma(NPV) = \sqrt{\sum_t df_t^2 \cdot \sigma^2(CF_t)} = \sqrt{\left( \bar{df}^2 \right)^T \cdot \sigma^2(CF)}, \quad (26)$$

$$E(\text{NPV}) = \sum_t df_t \cdot E(\text{CF}_t) = df^T \cdot E(\tilde{\text{CF}}). \quad (27)$$

T-číslo se označuje  $\tilde{\text{CF}} = (\text{CF}^L, \text{CF}^U, \text{CF}^\alpha, \text{CF}^\beta)$  a je definováno takto

$$\tilde{\text{CF}} \equiv \mu_{\tilde{\zeta}}(x) = \left. \begin{array}{l} L(x) \text{ pro } \text{CF}^L - \text{CF}^\alpha < x < \text{CF}^L \\ 1 \text{ pro } \text{CF}^L \leq x \leq \text{CF}^U \\ R(x) \text{ pro } \text{CF}^U < x < \text{CF}^U + \text{CF}^\beta \\ 0 \text{ jinak} \end{array} \right\}, \quad (28)$$

kde  $L(x) = L\left[\frac{x - (\text{CF}^L - \text{CF}^\alpha)}{\text{CF}^\alpha}\right]$  je reálná neklesající spojitá funkce,

$R(x) = R\left[\frac{(\text{CF}^U + \text{CF}^\beta) - x}{\text{CF}^\beta}\right]$  je reálná nerostoucí spojitá funkce.

Každé fuzzy číslo lze zkonstruovat pomocí sjednocení  $\varepsilon$ -řezů prostřednictvím dekompozičního principu:

$$\mu_{\tilde{\zeta}}(y) = \sup\{\varepsilon; I_{\tilde{\zeta}^\varepsilon}\} \equiv \bigcup_{\varepsilon} \varepsilon \cdot [-s^\varepsilon; +s^\varepsilon] \text{ pro } y \in E^I \text{ a } \varepsilon \in [0,1], \quad (29)$$

kde  $s^\varepsilon = [-s^\varepsilon; +s^\varepsilon]$  je  $\varepsilon$ -řez. Zde  $I_{\tilde{\zeta}^\varepsilon}$  je charakteristická funkce,

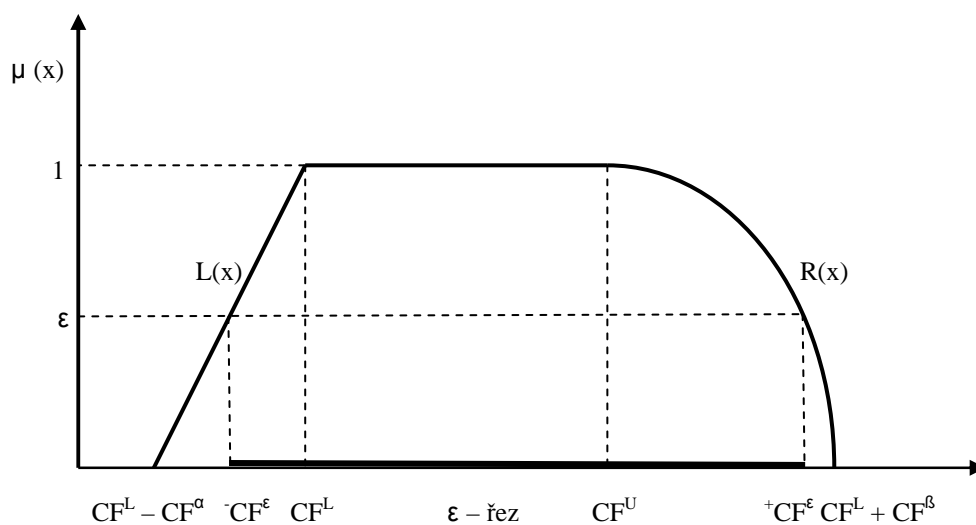
$$I_{\tilde{\zeta}^\varepsilon} = \begin{cases} 1 & \text{když } y \in [-s^\varepsilon; +s^\varepsilon] \\ 0 & \text{když } y \notin [-s^\varepsilon; +s^\varepsilon] \end{cases}.$$

Přitom,  $\varepsilon$ -řez je chápán jako množina

$$s^\varepsilon = \{x; \text{pro které } \mu_{\tilde{\zeta}}(x) \geq \varepsilon\} = [-s^\varepsilon; +s^\varepsilon], \quad (30)$$

tedy  $-s^\varepsilon = \min\{x; \text{pro které } \mu_{\tilde{\zeta}}(x) \geq \varepsilon\}$ ,  $+s^\varepsilon = \max\{x; \text{pro které } \mu_{\tilde{\zeta}}(x) \geq \varepsilon\}$ .





Obr. 6 Graf funkce příslušnosti T – čísla [9].

K převodu budoucích peněžních toků na jejich současné hodnoty slouží tzv. diskontní koeficienty uvedené v tab. 1. Čím delší je časový posun, tím menší je současná hodnota peněžního toku.

Tab. 1. Diskontní koeficienty.

T	df
1	0,9091
2	0,8264
3	0,7513

Příklad zadání budoucích peněžních toků plynoucích z realizované investice definovaných pomocí fuzzy čísel je uveden v tab. 2. Každé takto zadané fuzzy číslo se dá vyjádřit ve tvaru znázorněném na obr. 6.

Tab. 2. Peněžní toky definované pomocí fuzzy čísel.

	$CF^L$	$CF^U$	$CF^\alpha$	$CF^\beta$
$CF_1$	100	102	5	4
$CF_2$	300	303	6	5
$CF_3$	400	405	8	7
INV	635	635	0	0

Pro uvedené hodnoty je možno spočítat směrodatnou odchylku dle vztahu (26) a střední hodnotu NPV podle (27). Vypočtené hodnoty jsou prezentovány v tab. 3. Hodnoty budoucích peněžních toků CF pro dané hodnoty funkcí příslušnosti jsou pak uvedené v tab. 4. Rovněž je zde vypočítaná čistá současná hodnota NPV, která se na základě toho dá vyjádřit pomocí funkce příslušnosti uvedené na obr. 7.

Tab. 3. Směrodatná odchylka a střední hodnota pro fuzzy přístup.

$E(CF_1)$	$\sigma(CF_1)$
100	4
300	6
400	7

Tab. 4. NPV – fuzzy přístup.

$\varepsilon$	0	0,25	0,50	0,75	1,00	1,00	0,75	0,50	0,25	0
$CF_1$	95,00	97,50	98,54	99,33	100,00	102,00	102,54	103,17	104,00	106,00
$CF_2$	294,00	297,00	298,24	299,20	300,00	303,00	303,67	304,46	305,50	308,00
$CF_3$	392,00	396,00	397,66	398,93	400,00	405,00	405,94	407,05	408,50	412,00
NPV	-11,164	-3,407	-0,194	2,271	4,350	12,404	14,149	16,220	18,918	25,431
	0	0,25	0,50	0,75	1,00	1,00	0,75	0,50	0,25	0

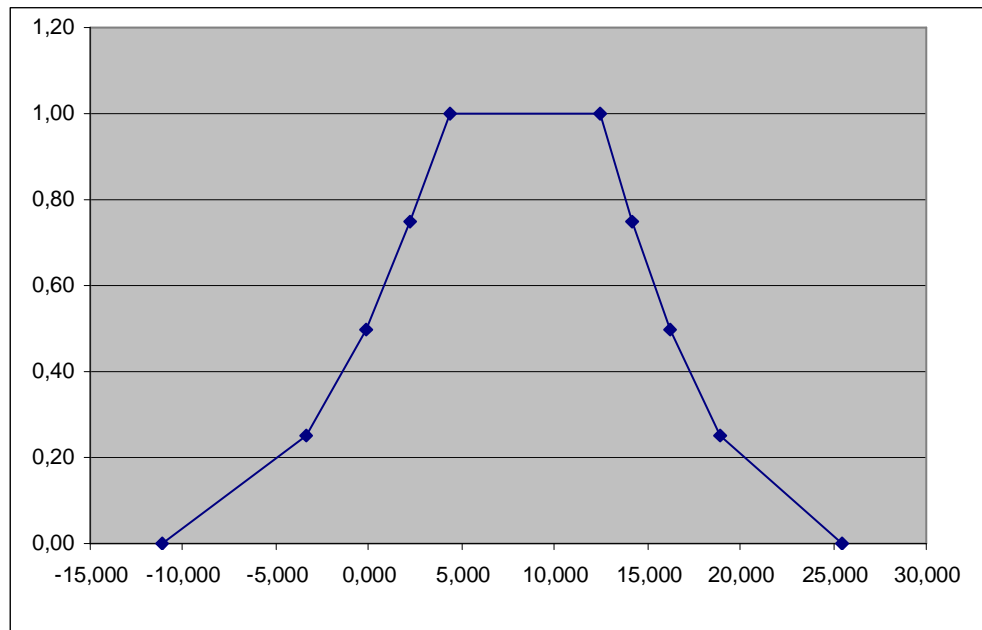
Pro srovnání s fuzzy přístupem stanovení NPV byl zvolen stochastický přístup, umožňující modelovat riziko budoucích peněžních toků. Tato metoda lze použít, pokud lze kvantifikovat nejistotu budoucích peněžních toků CF. Výpočet směrodatné odchylky a střední hodnoty NPV je uveden v tab. 5, vypočtená NPV pak v tab. 6. Distribuční funkce takto vypočtené NPV se dá znázornit tak, jak je to uvedeno na obr. 8.

Tab. 5. Směrodatná odchylka a střední hodnota pro stochastický přístup.

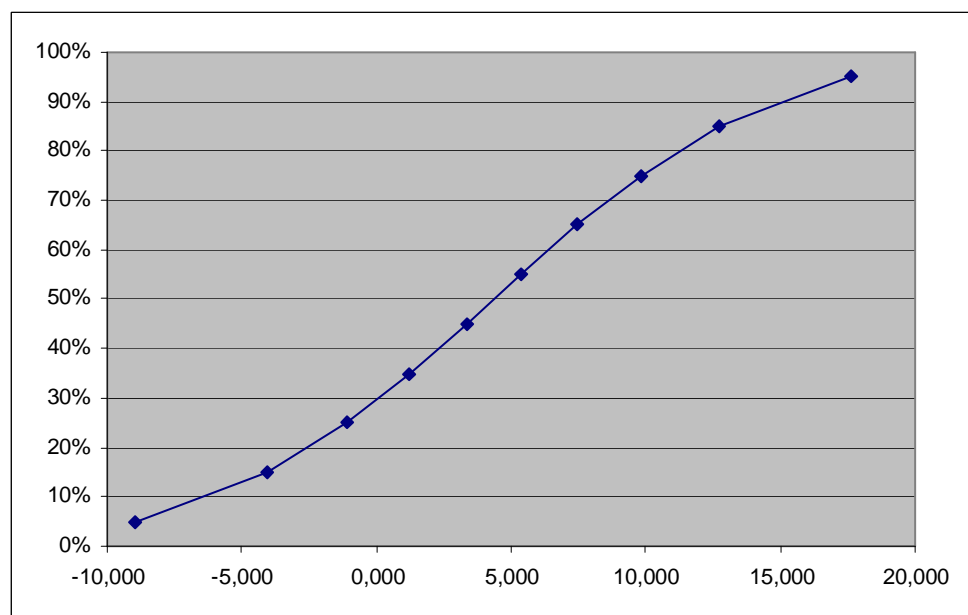
$\delta(NPV)$	$E(NPV)$
8,0912	4,3500

Tab. 6. NPV – stochastický přístup.

NPV	-8,959	-4,036	-1,107	1,232	3,333	5,367	7,468	9,807	12,736	17,659
$\alpha$	5%	15%	25%	35%	45%	55%	65%	75%	85%	95%
f(NPV)	1,275%	2,882%	3,927%	4,578%	4,892%	4,892%	4,578%	3,927%	2,882%	1,275%



Obr. 7. Graf NPV – fuzzy přístup

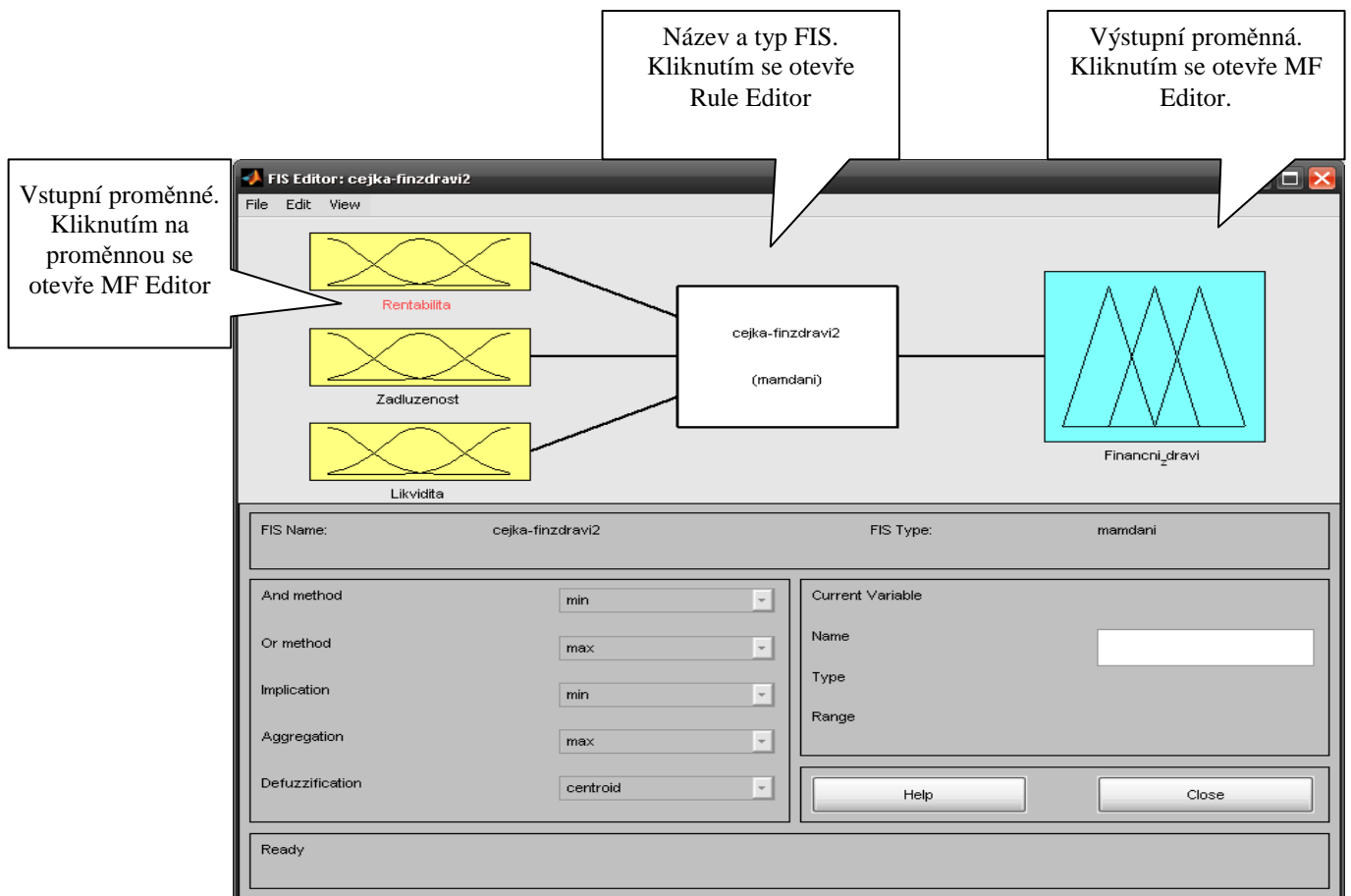


Obr. 8. Graf NPV – Stochastický přístup

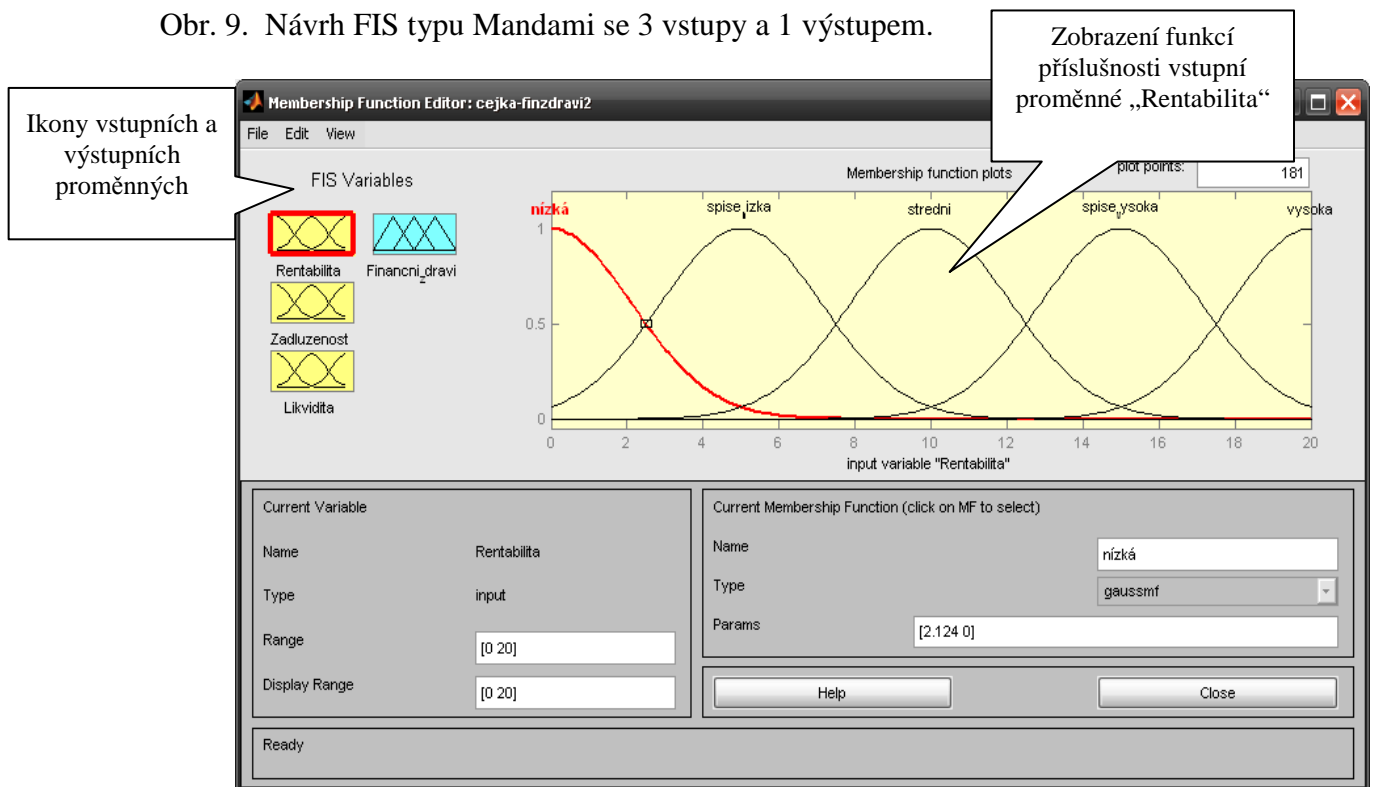
## ***4.2. Návrh fuzzy inferenčního systému pro určení finančního zdraví firmy***

K posouzení finančního zdraví podniku lze využít programové simulační prostředí Fuzzy toolbox pro Matlab k vytvoření návrhu fuzzy inferenčního systému typu Mamdani. Spuštění Fuzzy tool boxu se provede zadáním výrazu fuzzy v příkazovém řádku Matlabu. Fuzzy tool box se skládá ze tří nástrojů pro tvorbu a editaci fuzzy inferenčního systému. Hlavní částí toolboxu je FIS Editor (obr. 9), který umožňuje definovat základní parametry systému, jako je počet vstupních a výstupních proměnných, jejich jména, metoda defuzzifikace a další. Dalším nástrojem je Membership Function Editor pomocí kterého lze definovat počet a tvar jednotlivých funkcí příslušnosti u každé vstupní a výstupní proměnné (obr. 10, obr. 11, obr. 12, obr. 13). V návrhu modelu byly využity Gaussovy funkce příslušnosti a pro každý vstup bylo nadefinováno pět funkcí příslušnosti. Pro zadávání znalostní báze fuzzy systému slouží Rule Editor (obr. 14). Tento editor se používá k tvorbě znalostní báze pomocí IF (fuzzy výrok) THEN (fuzzy výrok) pravidel. Ta je v tomto případě tvořena pěti jazykovými výrazy u každé, vstupní i výstupní jazykové proměnné. Pro spojení jazykových výrazů u tohoto modelu byla využita logická spojka AND. Samotná konstrukce fuzzy inferenčního systému typu Mamdani obsahuje tři vstupy a jeden výstup. Za vstupní proměnné byly zvoleny poměrové ukazatele, které jsou nejčastěji používány při finanční analýze. Jsou to poměrové ukazatele rentability, likvidity a zadluženosti. Výstupním souhrnným ukazatelem je finanční zdraví podniku. Ze shora uvedených údajů vyplývá že bylo možné vytvořit celkem 125 podmíněných pravidel, která byla pro daný model nadefinována.

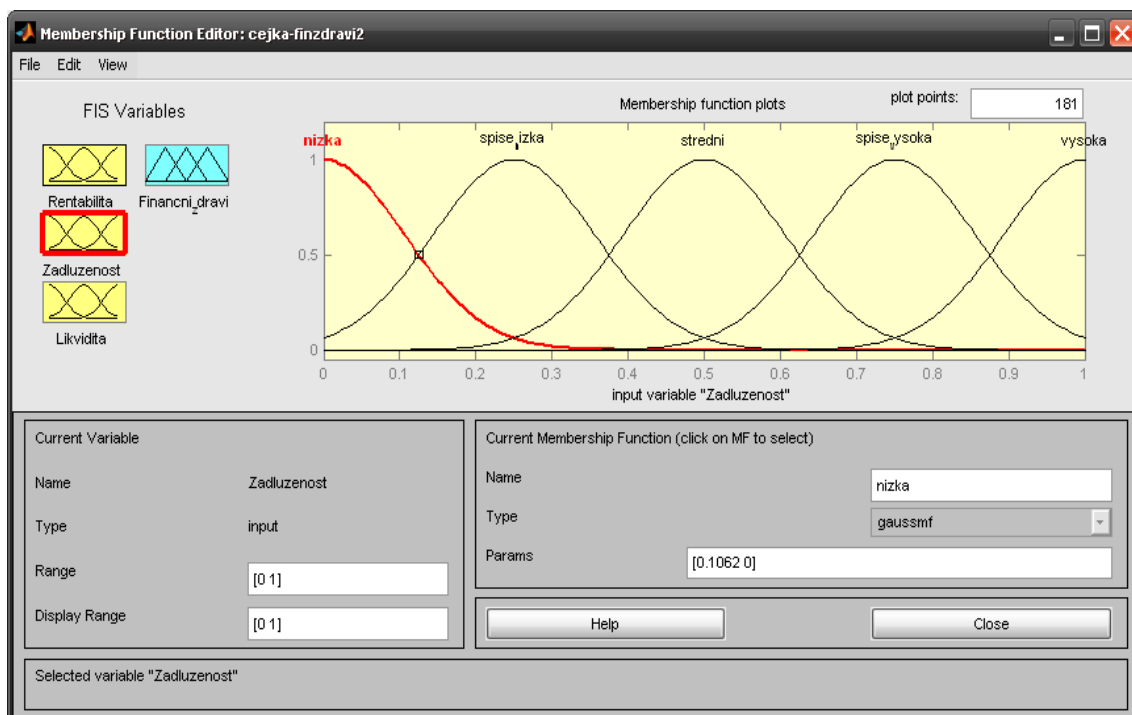
Pro sledování chování navrženého fuzzy inferenčního systému slouží nástroje Surface Viewer a Rule Viewer. Surface Viewer umožňuje přiřazovat vstupním a výstupním proměnným osy a graficky zobrazuje řídicí plochu, jako funkci těchto proměnných (obr. 15, obr. 16, obr. 17). Rule Viewer umožňuje sledovat chování systému při konkrétních hodnotách vstupních proměnných. V řádcích jsou zobrazena pravidla a ve sloupcích vstupní a výstupní proměnné. Svislá čára ukazuje, jak se na výstupních hodnotách podílejí jednotlivé vstupní hodnoty (obr. 18).



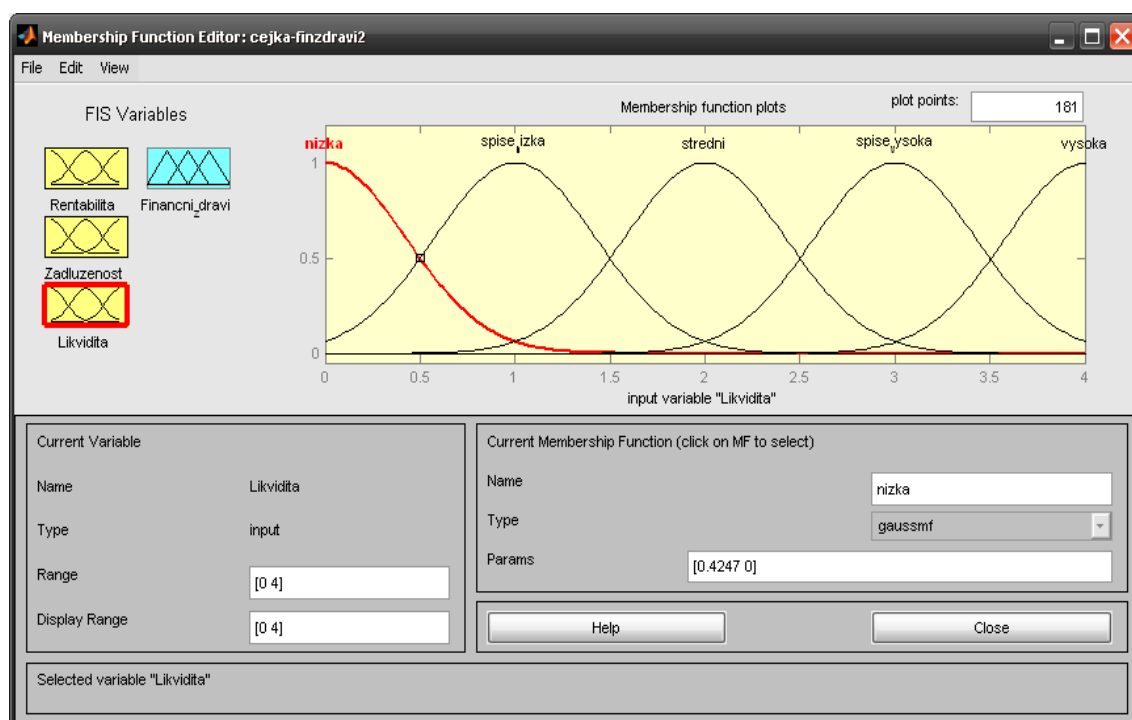
Obr. 9. Návrh FIS typu Mandami se 3 vstupy a 1 výstupem.



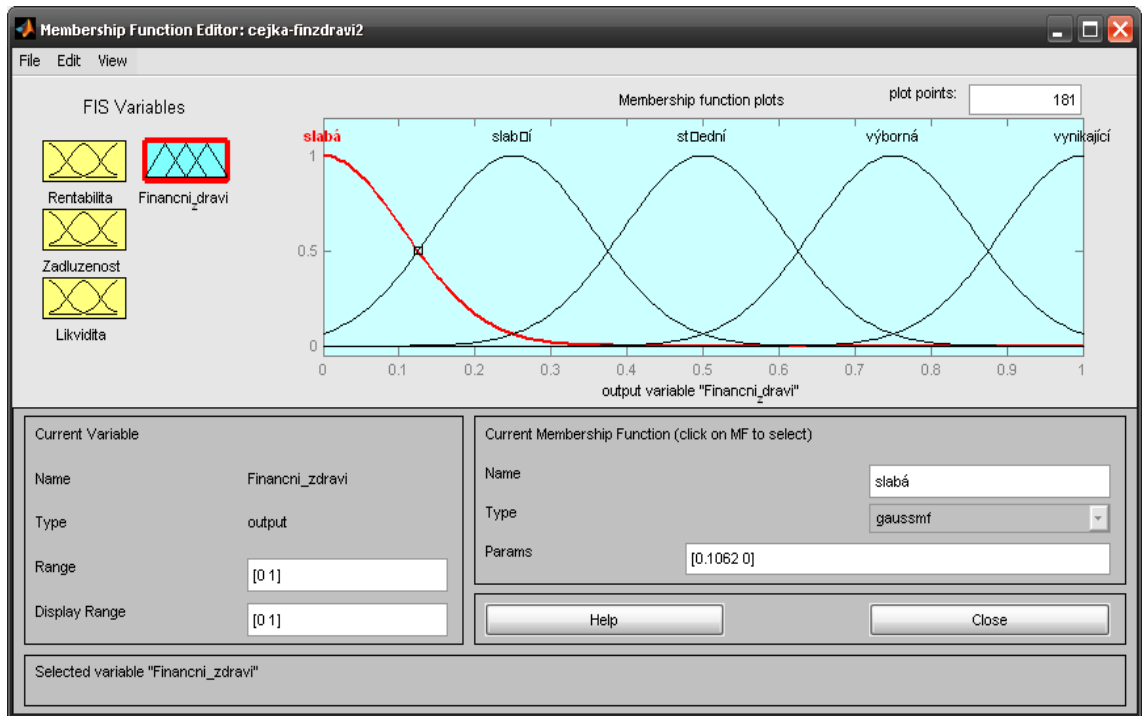
Obr. 10. Funkce příslušnosti vstupní proměnné „Rentabilita“.



Obr. 11. Funkce příslušnosti vstupní proměnné „Zadluženost“.

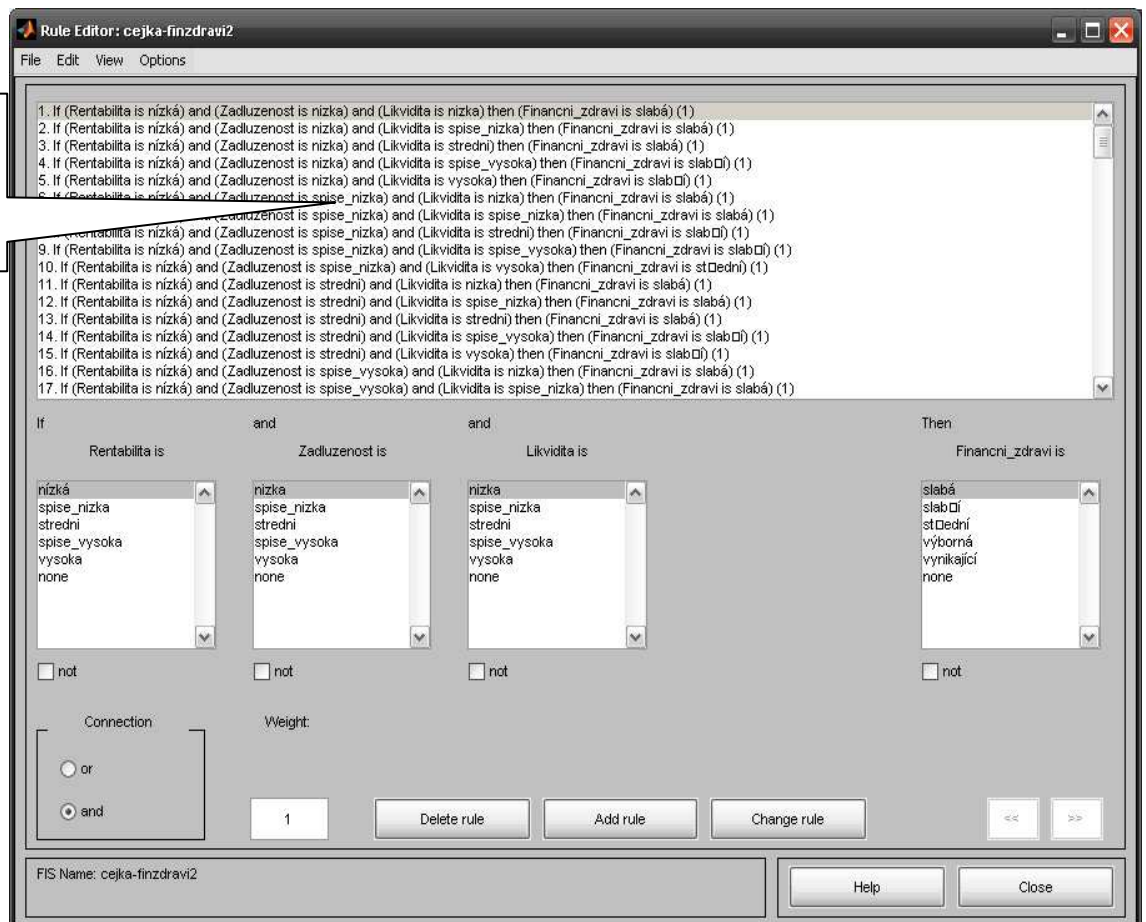


Obr. 12. Funkce příslušnosti vstupní proměnné „Likvidita“.

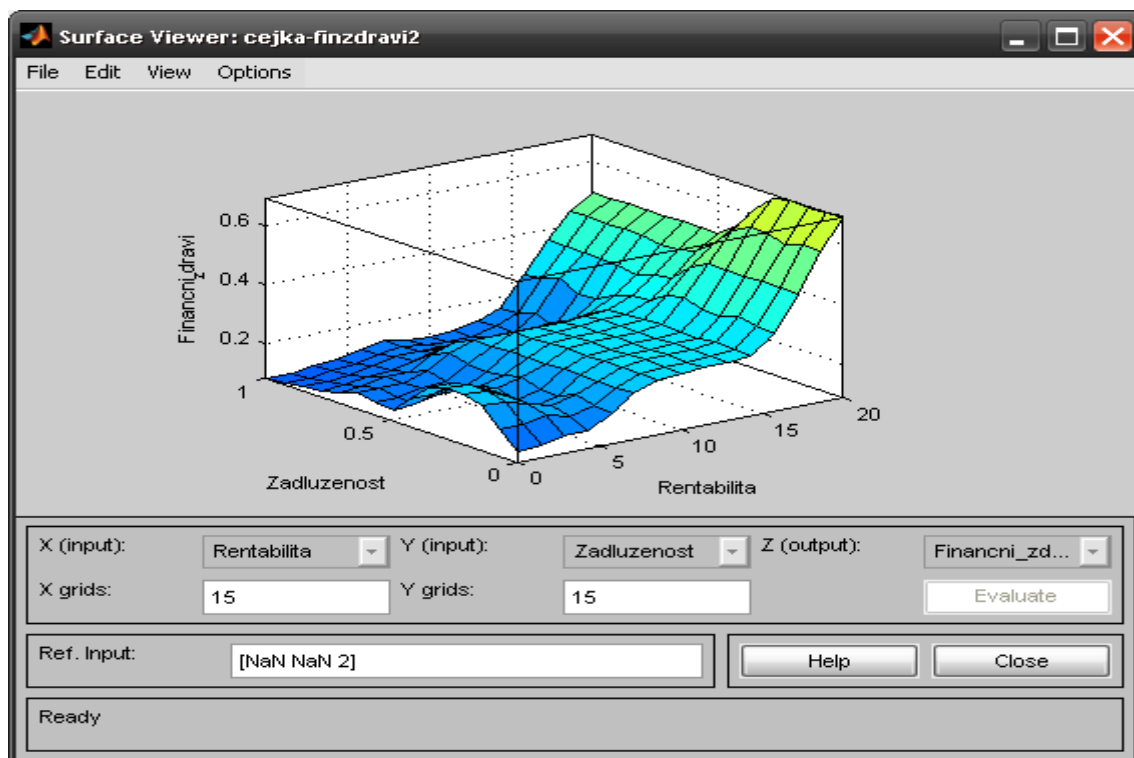


Obr. 13. Funkce příslušnosti výstupní proměnné „Finanční zdraví“.

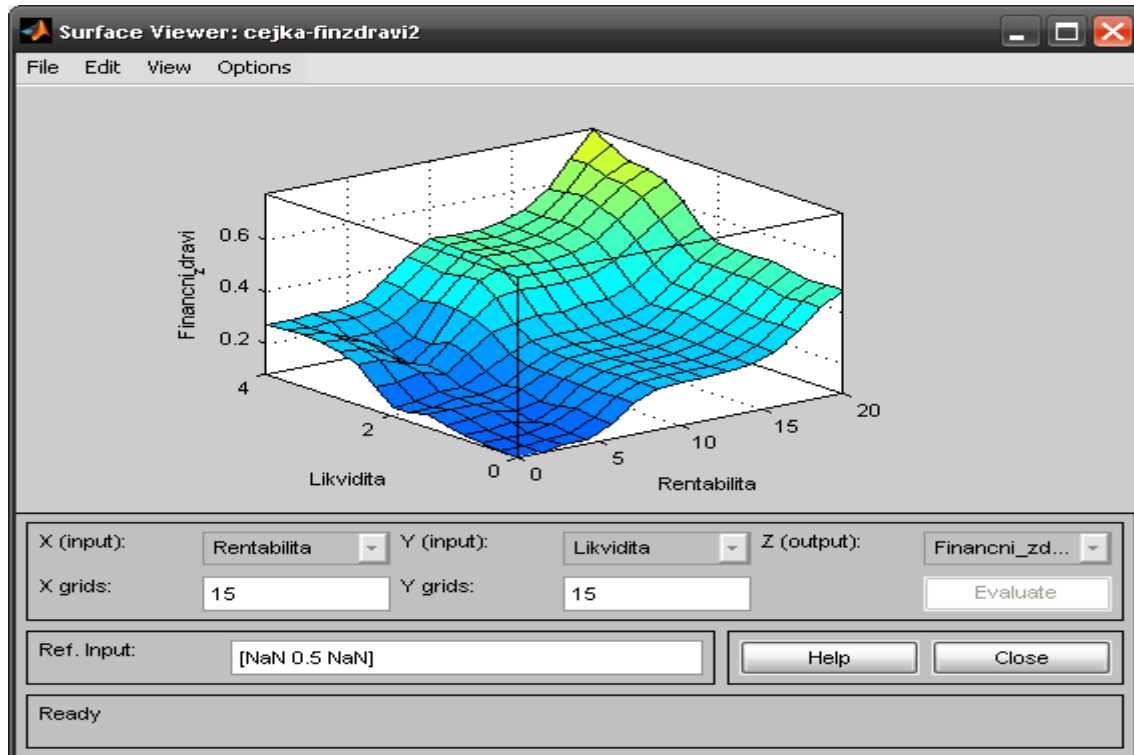
Zobrazení jednotlivých pravidel IF - THEN.



Obr. 14. Ukázka návrhu báze pravidel navrženého fuzzy inferenčního systému Mamdani.

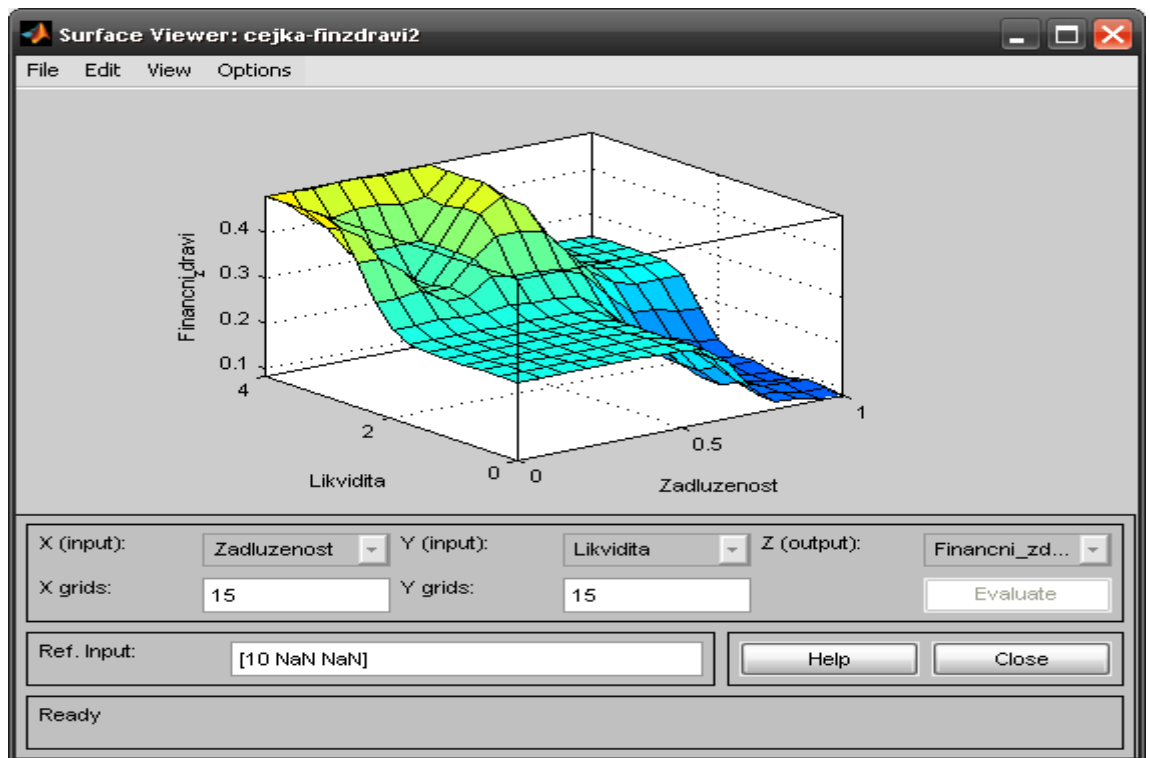


Obr. 15. Grafické zobrazení vztahu mezi vstupními parametry „Rentabilita“ a „Zadluženosti“ a výstupem „Finanční zdraví“.

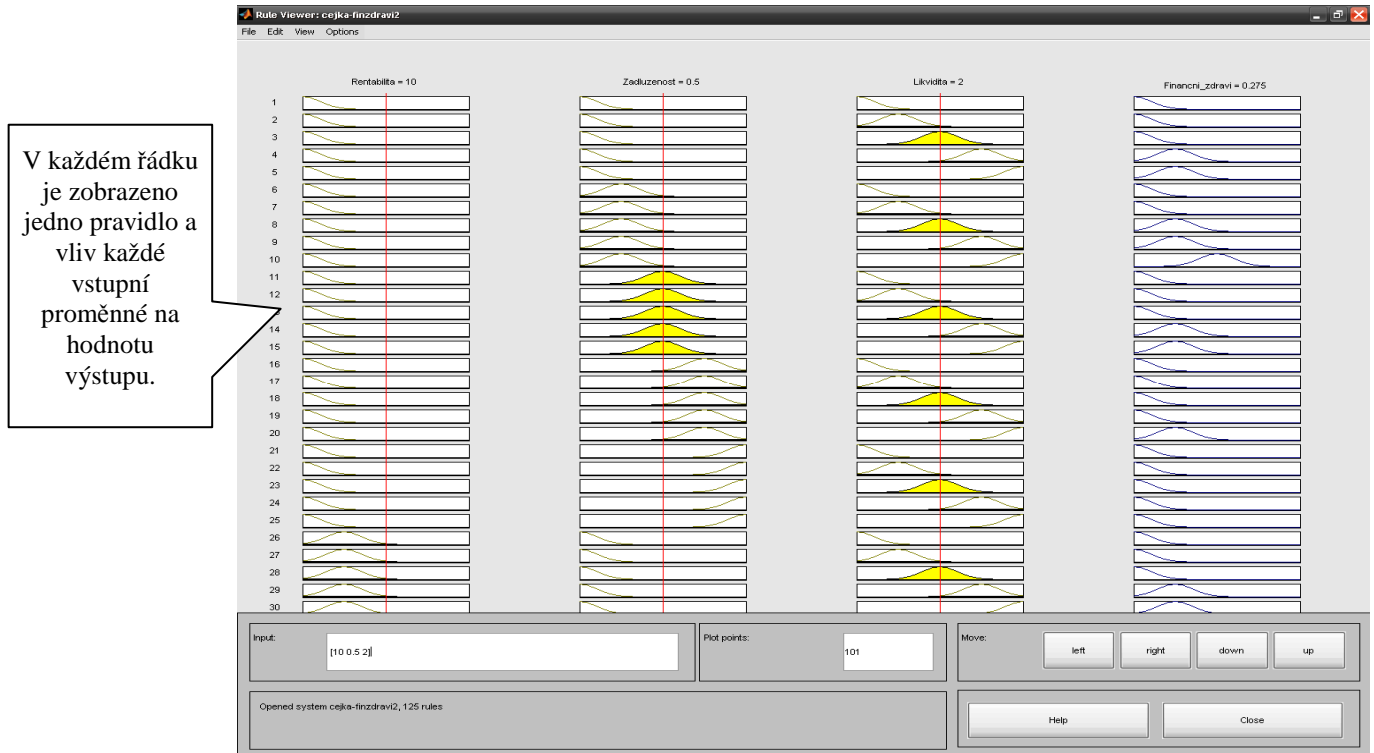


Obr. 16. Grafické zobrazení vztahu mezi vstupními parametry „Rentabilita“ a „Likvidita“ a výstupem „Finanční zdraví“.





Obr. 17. Grafické zobrazení vztahu mezi vstupními parametry „Zadluženosti“ a „Likvidity“ a výstupem „Finanční zdraví“.



Obr. 18. Chování navrženého fuzzy inferenčního systému při konkrétních hodnotách vstupních proměnných.

Pro posouzení finančního zdraví firmy jsem zadal hodnoty rentability, zadluženosti a likvidity pro pět firem, které jsou v příkladu označeny jako A, B, C, D a E. Vstupní hodnoty proměnných jsou uvedeny v tab. 7, stejně jako rozpětí vstupních proměnných sloužících jako univerza při návrhu fuzzy množin. Výstupem fuzzy inferenčního systému je finanční zdraví podniku definované jako ostrá hodnota. Této ostré hodnotě se dají přiřadit hodnoty výstupních funkcí příslušnosti, které jsou uvedeny v tab. 8.

Tab. 7. Zadání poměrových ukazatelů (vstupních proměnných).

Ukazatel	Rozpětí	A	B	C	D	E
rentabilita	0-20	5	10	15	18	20
zadluženost	0-1	0,8	0,4	0,6	0,3	0,5
likvidita	0-4	1	0,8	0,6	0,8	0,3
finanční zdraví	0-1	0,0961	0,253	0,263	0,41	0,479

Tab. 8. Míry příslušnosti pro hodnoty jazykové proměnné finanční zdraví.

Hodnoty jazykové proměnné finanční zdraví	A	B	C	D	E
slabá	0,664	0,059	0,047	0,000	0,000
slabší	0,350	0,999	0,993	0,322	0,098
střední	0,000	0,067	0,083	0,698	0,981
výborná	0,000	0,000	0,000	0,006	0,039
vynikající	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

### 4.3. Dílčí závěry

V této kapitole jsem navrhl dva modely. První model je určen pro stanovení čisté současné hodnoty projektu za rizika a nejistoty. Tento model má dvě části. V první části je využit tradiční přístup finanční analýzy při výpočtu čisté současné hodnoty za rizika. Druhá část slouží k stanovení čisté současné hodnoty projektu za nejistoty pomocí modelu navrženého na bázi fuzzy logiky.

Druhý model je navržen v programovém simulačním prostředí Fuzzy toolbox pro Matlab, jako fuzzy inferenční systém typu Mamdani. Ten je určen k stanovení základní finanční charakteristiky podniku pomocí souhrnného ukazatele, kterým je finanční zdraví podniku. Vstupními proměnnými jsou poměrové ukazatele rentability, likvidity a zadluženosti, které jsou používány při finanční analýze. Výstupem je finanční zdraví podniku.

Do systému jsem vložil údaje týkající se hodnot poměrových ukazatelů u pěti imaginárních podniků. Na výstupu je pomocí míry příslušnosti charakterizováno finanční zdraví podniku. Současně je graficky zobrazen vliv hodnot vstupních proměnných na hodnotu proměnné výstupní.

## 5. Závěr

Finanční rozhodování je jednou z hlavních činností při řízení podniku. Je souhrnem ekonomických činností, které směřují k dosahování finančních cílů podniku. Finanční rozhodování se dělí na krátkodobé a dlouhodobé, přesto však krátkodobé finanční rozhodování ovlivňuje do značné míry dlouhodobé a naopak. Krátkodobé i dlouhodobé finanční rozhodování je ovlivněno určitou mírou rizika, které je způsobeno změnami v interním a externím ekonomickém prostředí. Z uvedeného je patrné, že větší ohrožení rizikem je u dlouhodobého finančního rozhodování. Jedním z nejčastějších forem dlouhodobého finančního rozhodování je rozhodování o investicích, které ovlivňují činnost podniku po několik let. Pro posouzení efektivnosti podnikových investic existují metody, které se dělí na statické a dynamické. Významnější jsou dynamické, které přihlížejí k faktoru času a rizika. Nejvýznamnější dynamickou metodou je metoda čisté současné hodnoty, která vyjadřuje rozdíl mezi aktualizovanou hodnotou peněžních příjmů z investice a aktualizovanou hodnotou kapitálových výdajů na investici. Zdroje k financování investic lze rozdělit na interní a externí. Ze stanovení poměru těchto zdrojů při financování investice vychází finanční analýza. Prostředkem finanční analýzy jsou poměrové ukazatele rentability, zadluženosti, likvidity. Využitím kombinací těchto ukazatelů jsou sestavovány modely, které se člení na bonitní a bankrotní. Bonitní modely vyjadřují dosaženou finanční situaci podniku, kdežto bankrotní modely pomáhají předvídat a identifikovat budoucí ohrožení finančního zdraví firmy.

Matematická disciplína, která umožňuje zahrnout do výpočtů nepřesnost nebo neurčitost a pracovat s výrazy přirozeného jazyka se nazývá fuzzy logika. Umožňuje v procesu rozhodování využít znalostí a zkušeností člověka ve formě definovaných pravidel. Základním postupem je transformace jazykových prvků do kvantifikované stupnice a vytvoření fuzzy množin. Náležení nebo nenáležení prvků do fuzzy množiny je provedeno na základě určité míry příslušnosti pomocí funkce příslušnosti. Základním prvkem přibližného usuzování je jazyková proměnná, která reprezentuje znalost a její hodnoty jsou vyjádřeny slovy přirozeného jazyka. S tím úzce souvisí pojem fuzzy výrok. Fuzzy výrok typu IF-THEN se nazývá podmíněné pravidlo. Tento fuzzy výrok může být pomocí logických spojek tvořen z několika atomických výroků. Fuzzy výroky jsou vstupními hodnotami pro fuzzy inferenční systémy, které je zpracují a na výstupu vydají ostré hodnoty. Tyto ostré hodnoty vypovídají o příslušnosti k příslušné fuzzy množině.

V závěru práce jsem navrhl dva modely sloužící k finanční charakteristice. První model je určen pro stanovení čisté současné hodnoty projektu za rizika a nejistoty. Tento model je založen, jak na tradičních postupech (tj. stochastickém-pravděpodobnostním přístupu), tak i na postupech založených na bázi fuzzy logiky. Umožňuje uživateli modelovat změny neurčitých vstupních parametrů (úrokových sazeb, Cash Flow, atd.), při zachování srozumitelnosti jeho vstupů a výstupů.

Druhý model je navržen jako fuzzy inferenční systém typu Mamdani a realizován v programovém simulačním prostředí Fuzzy toolbox pro Matlab. Vstupními proměnnými jsou poměrové ukazatele rentability, likvidity a zadluženosti. Výstupní proměnnou je souhrnný ukazatel finanční zdraví podniku, který umožňuje stanovit finanční charakteristiku podniku. Vytvořil jsem znalostní bázi pomocí IF (fuzzy výrok) THEN (fuzzy výrok) pravidel, jejichž atomické fuzzy výroky jsou navzájem spojeny pomocí logické spojky AND. Každá vstupní i výstupní jazyková proměnná je charakterizována pěti jazykovými výrazy. Celkem tak báze obsahuje 125 pravidel. Systém umožňuje modelovat vliv změn hodnot jednotlivých vstupních proměnných na výstupní proměnnou a současně tento vliv graficky zobrazit. Po navržení fuzzy inferenčního systému a vytvoření báze pravidel umožňuje tento model reagovat na změny vstupních hodnot, tj. na nové údaje o finanční výkonnosti podniku, a tak sledovat vývoj finanční výkonnosti v čase a také její porovnání s dalšími podniky v oboru. Výhodou tohoto modelu je oproti tradičním bonitním a bankrotním modelům jeho srozumitelnost, možnost úpravy parametrů modelu (funkce příslušnosti, bázi podmíněných pravidel, atd.) v závislosti na hodnotách vybraných ukazatelů finanční analýzy v daném oboru. Navržením a analýzou uvedených modelů považuji cíle práce za splněné.

Literatura:

- [1] KISLINGEROVÁ, Eva. Manažerské finance. Praha: C.H. Beck, 2004. 714 s. ISBN 80-7179-802-9
- [2] NOVÁK, Vilém. Základy fuzzy modelování. Praha: BEN - Technická literatura, 2000. 175 s. ISBN 80-7300-009-1
- [3] OLEJ V., KŘUPKA J. *Analysis of Decision Processes of Automation Control Systems with Uncertainty*. Košice : University Press Elfa, 1996.
- [4] OLEJ, Vladimír. Modelovanie ekonomických procesov na bázi výpočtovej inteligencie. Hradec Králové: Miloš Vognar - M&V, 2003. 159 s. ISBN 80-90324-9-1
- [5] SEDLÁČEK, Jaroslav. Účetní data v rukou manažera. Brno: Computer Press, 1999. 195 s. ISBN 80-7226-140-1
- [6] SYNEK Miloslav. Manažerská ekonomika. Praha: Grada, 1996. 456 s. ISBN 80-7169-211-5
- [7] TALAŠOVÁ, Jana. Fuzzy metody víckriteriálního hodnocení a rozhodování. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 2003. 179s. ISBN 80-244-0614-4
- [8] VALACH, Josef. Finanční řízení podniku. Praha: Ekopress, 1997. 247 s. ISBN 80-901991-6-X
- [9] ZMEŠKAL, Zdeněk. Finanční modely. Praha: Ekopress, 2004. 236 s. ISBN 80-86119-87-4

**Univerzita Pardubice  
Fakulta ekonomicko-správní**

**Finanční rozhodování za neurčitosti**

**Jiří Čejka**

**Bakalářská práce  
2008**





## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(ROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jiří ČEJKA**

Studijní program: **B6209 Systémové inženýrství a informatika**

Studijní obor: **Informační a bezpečnostní systémy**

Název tématu: **Finanční rozhodování za neurčitosti**

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

Finanční rozhodování

Fuzzy inferenční systémy

Návrh vybraných finančních modelů za neurčitosti

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

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

Seznam odborné literatury:

**ZMEŠKAL, Z. Finanční modely. Praha: Ekopress, 2004.**

**OLEJ, V. Modelovanie ekonomických procesov na bázi výpočtovej inteligencie. Hradec Králové: M&V, 2003.**

**KISLINGEROVÁ, E. Manažerské finance. Praha: C.H. Beck, 2004.**

**VALACH, J. Finanční řízení podniku. Praha: Ekopress, 1999.**

**NOVÁK, V. Základy fuzzy modelování. Praha: BEN, 2000.**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Petr Hájek, Ph.D.**

Ústav systémového inženýrství a informatiky

Datum zadání bakalářské práce:

**30. října 2007**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**19. května 2008**

prof. Ing. Jan Čapek, Csc. v. r.

děkan

doc. Ing. Pavel Petr, Ph.D. v. r.

vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 30. října 2007

## **SOUHRN**

Práce se zabývá analýzou základních forem finančního rozhodování a řízení. Cílem práce je navrhnout dva modely, které pomocí ukazatelů finanční analýzy, budou schopny hodnotit efektivnost investic a finanční zdraví podniku. Vzhledem k neurčitosti okolního prostředí podniku je k hodnocení využito poznatků z oblasti fuzzy logiky. Praktickým výsledkem práce je návrh a realizace fuzzy inferenčního systému Mamdani vytvořeného pomocí fuzzy toolboxu pro Matlab, který umožní provádět finanční analýzy podniků.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Finanční rozhodování, finanční analýza, fuzzy množiny, fuzzy inferenční systémy.

## **TITLE**

Financial decision-making under uncertainty

## **ABSTRACT**

The thesis deals with the analysis of the basic forms of financial decision-making and control. The aim of the work is to design two models which will be able to assess the effectiveness of investments and the financial health of a firm by using financial analysis ratios. Due to instability of business environment fuzzy logic theory is used for the evaluation of financial decision-making. Practical results of this work consist in the design of the fuzzy inference system Mamdani and its implementation in the environment of Fuzzy toolbox for Matlab, which is able to realize financial analysis process.

## **KEYWORDS**

Financial decision-making, financial analysis, fuzzy sets, fuzzy inference systems.

## **OBSAH:**

<b>1. ÚVOD</b> .....	<b>7</b>
<b>2. FINANČNÍ ŘÍZENÍ A ROZHODOVÁNÍ</b> .....	<b>8</b>
2.1. TYPY A FÁZE FINANČNÍHO ROZHODOVÁNÍ PODNIKU .....	8
2.2. RIZIKO VE FINANČNÍM ROZHODOVÁNÍ .....	10
2.3. INVESTIČNÍ ROZHODOVÁNÍ.....	12
2.4. FINANCOVÁNÍ INVESTIC .....	14
2.5. FINANČNÍ ANALÝZA JAKO PODKLAD PRO FINANČNÍ ROZHODOVÁNÍ.....	15
2.6. DÍLČÍ ZÁVĚRY .....	21
<b>3. FUZZY INFERENČNÍ SYSTÉMY</b> .....	<b>23</b>
3.1. FUZZY LOGIKA .....	23
3.2. FUZZY MNOŽINY .....	24
3.3. VŠEOBECNÁ STRUKTURA FUZZY INFERENČNÍCH SYSTÉMŮ.....	27
3.4. DÍLČÍ ZÁVĚRY .....	35
<b>4. VYBRANÉ FINANČNÍ MODELY ZA RIZIKA A NEJISTOTY</b> .....	<b>36</b>
4.1. STANOVENÍ ČISTÉ SOUČASNÉ HODNOTY ZA RIZIKA A NEJISTOTY.....	36
4.2. NÁVRH FUZZY INFERENČNÍHO SYSTÉMU PRO URČENÍ FINANČNÍHO ZDRAVÍ FIRMY .....	41
4.3. DÍLČÍ ZÁVĚRY .....	47
<b>5. ZÁVĚR</b> .....	<b>49</b>

## 1. Úvod

Finanční rozhodování je vždy ovlivňováno různou mírou neurčitosti vstupních dat a podmínek, za kterých je rozhodování realizováno. V tomto případě je jednou z možností jak rozhodování popsat využití fuzzy množin z oblasti fuzzy logiky. V současnosti se rozhodování pomocí fuzzy logiky stále více uplatňuje v rozhodovacích procesech, a to nejen v oborech technických, ale také netechnických. Výhody využívání fuzzy množin ve finančním rozhodování jsou zejména v tom, že rozhodujícími subjekty jsou lidé, kteří využívají k řízení subjektivní pohled vyjádřený pomocí lingvistických výrazů. Usnadňují rozhodovateli snadnější interpretaci složitých rozhodovacích procesů a řízených systémů. Cílem většiny ekonomických rozhodovacích procesů je z víceméně nepřesných a neurčitých vstupních údajů vyvodit poměrně přesná řešení a rozhodnutí. Fuzzy logika zohledňuje i to, aby přesnost navrženého řešení byla úměrná míře důležitosti sledovaného rozhodnutí. Na určité úrovni řízení, či rozhodování se tedy můžeme smířit i s částečnou mírou nepřesnosti nebo neúplnosti vstupních zpracovávaných údajů. Snaha docílit maximální přesnosti popisu může totiž způsobit rostoucí nepřehlednost a praktickou nepoužitelnost výstupních informací nebo ohrozit včasnost provedeného rozhodnutí.

Cílem této práce je navrhnout model pro hodnocení efektivnosti investic a model na hodnocení finančního zdraví podniku. Tyto modely budou zahrnovat určitou míru neurčitosti, čímž by měl být lepší a snadněji interpretovatelný než zbytečně přesné metody hodnocení investic (čistá současná hodnota, vnitřní míra výnosu, atd.) a bonitní a bankrotní modely. Ty pracují s příliš přesnými čísly a jejich výsledek se potom obtížně interpretuje.

Celá práce je tématicky rozdělena na tři základní části. První část je věnována obecnému popisu finančního řízení a rozhodování podniku se zaměřením na investiční rozhodování. Finanční řízení podniku je těsně spjata s vnějším finančně ekonomickým prostředím, ve kterém podnik funguje. Právě pro neustálé změny okolního prostředí spojené s dynamickým vývojem celé společnosti bylo nutné zahrnout do finančního rozhodování a řízení i neurčitost tohoto prostředí. Druhá část je věnována fuzzy logice, která umožňuje modelovat složité systémy s neurčitými vstupními daty zpravidla vyjádřenými lingvistickými proměnnými. V této části je stručný přehled základních pojmů z oblasti fuzzy logiky se zaměřením na fuzzy inferenční systémy. Třetí část je věnována konkrétním modelům z oblasti finančního rozhodování.

## **2. Finanční řízení a rozhodování**

Finanční řízení a rozhodování [8] podniku představuje v tržní ekonomice nedílnou, takřka dominantní, část jeho ekonomické činnosti. V souvislosti s fungováním podniku dochází k neustálému pohybu peněžních prostředků, kapitálu i finančních zdrojů. Finanční řízení a rozhodování podniku se zabývá pohybem peněz a podnikového kapitálu, který je vyvolán fungováním nejrůznějších forem podnikatelských aktivit. Právě získávání, rozdělování a investování finančních prostředků s cílem maximalizace tržní hodnoty firmy je předmětem finančního řízení a rozhodování. Tato oblast prošla v posledních letech dynamickým vývojem a vyčlenila se jako samostatná ekonomická disciplína z podnikové ekonomiky. Její vývoj těsně souvisí s rozvojem finančních trhů, daňového prostředí, účetnictví a v neposlední řadě obecné vědy o řízení a rozhodování. Právě tato věda umožňuje zahrnout do rozhodování riziko a neurčitost budoucích změn okolního prostředí a zohlednit je v konečném rozhodnutí.

V této kapitole jsou popsány základní typy dlouhodobého a krátkodobého finančního rozhodování a je zde uvedeno, na jaké fáze se člení. Následuje stručný přehled rizik, která mohou kladně nebo záporně ovlivnit hospodaření podniku a jaká je možná ochrana proti nim. Dále je zde popsáno investiční rozhodování, které má dlouhodobý charakter a proto zahrnuje faktor času a riziko možných změn okolního prostředí. Avšak důsledky těchto rozhodnutí ovlivňují efektivnost firmy na několik let dopředu. Závěr této kapitoly je věnován poměrovým ukazatelům charakterizujícím jednotlivé úseky činnosti firmy. Komplexní zpětnou vazbou k finančnímu rozhodování je finanční analýza podniku posuzující pomocí soustavy těchto ukazatelů syntetizovaných v bonitních a bankrotních modelech efektivnost řídicích rozhodnutí. Ta je posuzována zpětným hodnocením výsledků podnikatelských činností u bonitních modelů a predikcí možných ohrožení u bankrotních modelů.

### ***2.1. Typy a fáze finančního rozhodování podniku***

Finanční rozhodování podniku [8,1] můžeme charakterizovat jako proces výběru optimální varianty peněžních prostředků, podnikového kapitálu a jejich užití z hlediska základních finančních cílů podnikání s přihlédnutím k různým omezujícím podmínkám. Nejvýznamnějšími typy rozhodovacích situací v oblasti financování podniku jsou:

1. Rozhodování o celkové výši potřebného kapitálu podniku v návaznosti na úvahu o předpokládané velikosti majetku, odvozenou od očekávaných tržeb.
2. Rozhodování o struktuře podnikového kapitálu, tj. např. o podílu vlastního a cizího kapitálu, různých formách vlastního kapitálu, různých formách cizího kapitálu. Zde je třeba přihlížet zejména k ceně různých druhů kapitálu a k finančnímu riziku.
3. Rozhodování o struktuře podnikového majetku, zejména o podílu peněžních prostředků na celkovém majetku, o podílu oběžného a fixního majetku.
4. Rozhodování o investování podnikového kapitálu. Základní úvaha spočívá v rozhodnutí o finančním nebo věcném (reálném) investování.
5. Rozhodnutí o rozdělování zisku po zdanění. Rozhodování o rozdělení zisku je často omezeno zákonnými požadavky na obligatorní tvorbu rezervních fondů, na způsob vyplácení dividend. Významně ovlivňuje nejen peněžní prostředky určované na rozvoj podniku, ale také jeho tržní hodnotu.
6. Rozhodování o různých formách převzetí a spojování podniků nebo zániku podniku formou jeho likvidace. Je založena především na správném vyjádření tržní hodnoty podniku a na posouzení ekonomického efektu transformace.

Uvedené typy finančního rozhodování se v zásadě týkají dlouhodobého, strategického finančního rozhodování, u kterých se výrazně projevuje nutnost respektovat faktorů času a s tím spojený zvýšený stupeň rizika změn. Krátkodobé finanční rozhodování je méně riskantní, neprojevuje se zde tak výrazně vliv času a jeho změny jsou snadněji realizovatelné. V zásadě je však krátkodobé rozhodování výrazně ovlivněno dlouhodobým finančním rozhodováním. Do oblasti krátkodobého finančního rozhodování patří zejména:

1. Rozhodování o velikosti a struktuře jednotlivých složek oběžného majetku, což je zejména optimalizace peněžních prostředků, výše zásob materiálu nebo nedokončené výroby a hotových výrobků.
2. Rozhodování o optimální formě krátkodobého kapitálu, což je zejména využití obchodních úvěrů, různých variant krátkodobých finančních rezerv, využití krátkodobých finančních záloh atd.
3. Rozhodování o způsobu ochrany proti různým formám rizika vyplývajícího z pohybu cen, úrokových sazeb, devizových kurzů a ovlivňujícího finanční výsledky podniku.

Finanční rozhodování podniku, ať krátkodobé nebo dlouhodobé zahrnuje několik významných fází, které na sebe logicky navazují a vyústí v konečné rozhodnutí. Jednotlivé fáze lze charakterizovat takto:

- vymezení finančního problému a konkrétní stanovení finančních cílů,
- analýza informací a podkladů pro rozhodování,
- stanovení různých variant řešení
- určení kritérií pro výběr optimální varianty a hodnocení variant podle těchto kritérií s přihlédnutím k riziku,
- volba optimální varianty, realizace vybrané varianty a její ověření z hlediska zadaného cíle.

Konkrétní stanovení finančních cílů může být vyjádřeno, buď jako jejich žádoucí stav, nebo stav dosažený v předchozím období, nebo dosažený ve srovnatelných podnicích. Musí však být respektovány omezující podmínky dané možnostmi podniku a celkovou situací ve společnosti, aby byla zaručena reálnost procesu rozhodování. Analýza informací a podklady pro finanční rozhodování se opírá o údaje finančního a manažerského účetnictví, statistické údaje, poznatky o vývoji na trhu zboží, práce, kapitálu atd.

Kritéria finančního rozhodování musí navazovat na stanovené finanční cíle, přičemž úlohu kritéria může někdy plnit přímo stanovený cíl. Stanovený cíl může být rozveden podrobněji tím, že je vyjádřen několika kritérii. Při řazení variant dle zvolených kritérií je nutné zohlednit i riziko. Tím jsou možné odchylky od původních variant. Právě zohledněním rizika se proces finančního rozhodování přiblíží více realitě. Završením celého procesu finančního rozhodování je volba optimální varianty. Za optimální je považována taková varianta, která nejlépe splňuje stanovený cíl při obvyklém riziku. V extrémních případech lze také vycházet z optimistické strategie, u které je volena varianta nezohledňující riziko vůbec, nebo pesimistické, kdy je volena varianta s rizikem nejmenším.

## ***2.2. Riziko ve finančním rozhodování***

Hospodářská činnost podniku [8,6] s sebou nese množství nebezpečí podnikatelského neúspěchu, který může ve svém důsledku narušit finanční rovnováhu celé firmy. Vynaložené prostředky mohou přinést velký zisk, ale mohou být také zcela ztraceny. To může hrozit



zejména při zavádění nových výrobků na neznámé trhy, při výzkumu a vývoji nových technologií, při investiční činnosti atd. Cílem rozhodování a finančního řízení je však ve většině případů opačná situace, při které může hospodářská činnost podniku vést k mimořádným úspěchům a posílení jeho finanční stability. Podnikatelské riziko lze definovat jako možnost odchýlení dosažených výsledků podnikání od výsledků předpokládaných a to jak příznivě, tak i nepříznivě. Vždy je spojeno s pravděpodobností budoucích výnosů. Podnikatelské riziko podniku vzniká v důsledku proměnlivosti hospodářských výsledků za určité období. Riziko spočívá v tom, že ten, kdo rozhoduje si není jist výsledky jednotlivých variant. Obvykle varianta s největším rizikem předpokládá i nejvyšší zisk a naopak varianta s menším rizikem předpokládá menší zisk. Příčiny vzniku podnikatelských rizik mohou být různé, obvykle se člení na objektivní, subjektivní, provozní, inovační nebo investiční. Na základě onoho členění mohou být rizika systematická, která vznikají v důsledku změn v celkovém ekonomickém prostředí, nebo nesystematická, která jsou typická pouze pro určité podniky či odvětví.

Důsledky rizika ve finančním rozhodování mohou být pro podnikatelský subjekt velmi významné. Proto by měl podnik proti negativním důsledkům uskutečňovat rizikovou politiku. Ta spočívá především v identifikaci příčin rizika, měření jeho stupně, kvantifikaci vlivu rizika na podnikatelské výsledky a ochraně proti nim. Riziko ztráty vynaložených prostředků se snižuje rozložením do více akcí, což je diverzifikace výrobního programu, transfer rizika na jiné subjekty nebo tvorbou rezerv všeho druhu. Ochrana proti rizikům však může mít na hospodaření nejen pozitivní, ale i některé negativní dopady. Negativními dopady mohou být růst nákladů nebo vznik některých sekundárních rizik, jako je například znehodnocení pojistných zásob v důsledku dlouhodobého skladování.

Mimo to existuje také finanční riziko, kterým je dodatečná proměnlivost podnikových výnosů na akcii. K tomu může dojít při zvýšeném využívání různých forem financování, které si vynucují fixní platby bez ohledu na to, jaký je vývoj finanční situace podniku. V praxi to znamená, že pokud v podniku stoupá podíl financování formou úvěrů, obligací nebo leasingových splátek je s tím spojeno také vyšší riziko platebních obtíží. Při posuzování finančního rizika nelze vycházet pouze z určitého stupně zadluženosti firmy ale podstatné je zohlednit také riziko plynoucí z investování peněžních prostředků do finančních a hmotných investic.

### **2.3. Investiční rozhodování**

Rozhodování o investicích [8,1] lze charakterizovat jako dlouhodobé rozhodování. Při něm je nezbytné zohlednit faktor času, který způsobuje, že časová hodnota peněz se v průběhu investice mění a riziko změn, ke kterým může dojít v průběhu přípravy a následné realizace projektu. Investice výrazně ovlivňují efektivnost veškeré činnosti podniku po několik let. Proto je jejich příprava a realizace náročná na komplexní znalost interních a externích podmínek, za kterých se investice uskutečňuje, a ve kterých bude působit. Finanční stránkou investičního rozhodování podniku se zabývá kapitálové plánování a dlouhodobé financování, které zahrnuje zejména tyto problémy:

1. Plánování peněžních toků z investic.
2. Finanční kritéria výběru investičních projektů.
3. Zohledňování rizika v kapitálovém plánování a investičním rozhodování.
4. Dlouhodobé financování investiční činnosti podniku.

Investice ovlivňují velmi citelně provozní výsledky hospodaření, a proto mají značný vliv na tržní hodnotu firmy. S ohledem na dlouhé časové období investic stoupá riziko správného odhadu budoucích peněžních příjmů a kapitálových výdajů. Stanovení dlouhodobých podnikových cílů, investiční strategie, vyhledávání a předinvestiční příprava rentabilních investičních projektů je předpokladem pro plánování peněžních toků plynoucích z investice. Cílem investiční politiky podniku je proto příprava, výběr a realizace takových investičních projektů a jejich variant, které přinášejí růst tržní hodnoty firmy. K růstu tržní hodnoty firmy mohou přispívat jen takové investiční projekty, jejichž čistá současná hodnota je pozitivní. To znamená, že součet současných hodnot budoucích peněžních toků plynoucích z investice je vyšší než kapitálové výdaje nutné na její realizaci. Kapitálové výdaje [Valach97] jsou očekávané peněžní výdaje, které vyvolávají očekávané peněžní příjmy po dobu delší než jeden rok. Pro posouzení efektivnosti podnikové investice je rozhodující vymezení skutečných kapitálových výdajů i ročních peněžních příjmů z investice. Tyto údaje jsou základem pro výpočet efektivity investice. Pokud však tyto údaje nepostihují co nejdříve očekávanou skutečnost, dojde ke zkreslení úvahy o její efektivnosti.

Metody hodnocení investic [8,1,6] se dělí do dvou významných skupin. První skupinou jsou metody statické, které se používají zejména na poměrování peněžních přínosů z investice

s počátečními výdaji. Tyto metody se používají u méně významných projektů s nízkým stupněm rizika, protože nerespektují faktor času ani rizika. Tři základní metody jsou:

- Průměrný roční výnos, který lze vypočítat jako součet všech cash flow spojených s investicí dělený počtem let životnosti investice.
- Průměrná doba návratnosti udává dobu, za kterou dojde k splacení investice, lze ji vypočítat jako poměr celkové investice a průměrného ročního výnosu.
- Průměrný procentní výnos udává roční návratnost kapitálu v procentech a počítá se jako poměr průměrného ročního výnosu k celkové investici.

Druhou skupinou jsou metody dynamické, které k působení času i rizika na investici přihlížejí. Jednou z nejpoužívanějších a nejvhodnějších dynamických metod stanovení efektivnosti podnikových investic v tržní ekonomice je metoda čisté současné hodnoty [8,1]. Tuto metodu lze zjednodušeně charakterizovat jako porovnání kapitálových výdajů a příjmů z investice, avšak v jejich současné hodnotě. Čistá současná hodnota (1, 2) vyjadřuje rozdíl mezi aktualizovanou hodnotou peněžních příjmů z investice a aktualizovanou hodnotou kapitálových výdajů na investice. Ta varianta investice, která má vyšší aktualizovanou hodnotu, je považována za výhodnější. Výhodou této metody je, že dává srozumitelný výsledek a tím poskytuje jasná rozhodovací kritéria. Matematicky lze vyjádřit čistou současnou hodnotu takto:

$$\check{C}SH = \sum_{n=1}^N P_n \frac{1}{(1+i)^n} - K, \quad (1)$$

nebo

$$\check{C}SH = \frac{P_1}{(1+i)} + \frac{P_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{P_N}{(1+i)^N} - K, \quad (2)$$

kde  $\check{C}SH$  je čistá současná hodnota investiční varianty,

$P_n$  je peněžní příjem v jednotlivých letech životnosti,

$i$  je očekávaná výnosnost investice,

$n = 1, 2, \dots, N$  jsou jednotlivá léta životnosti,

$N$  je doba životnosti,

K je kapitálový výdaj.

Přípustné jsou všechny varianty investice jejichž čistá současná hodnota je větší než nula. Pokud je čistá současná hodnota záporná nedojde realizací investice ani k navrácení vloženého kapitálu. Jestliže je čistá současná hodnota pozitivní, hodnota firmy se zvýší o částku čisté současné hodnoty.

Někdy se investiční varianty hodnotí indexem ziskovosti neboli rentability (3). Je to poměrový ukazatel, vyjadřující relativní vztah mezi aktualizovanými peněžními příjmy z investice a kapitálovými výdaji:

$$I = \frac{\sum_{n=1}^N P_n \frac{1}{(1+i)^n}}{K}, \quad (3)$$

kde I je index ziskovosti. Podobně jako u čisté současné hodnoty je podmínkou přijetí investice, aby index ziskovosti byl větší než jedna. V podstatě je to identické pravidlo, neboť pokud je hodnota budoucích příjmů větší než kapitálové výdaje je i současná čistá hodnota investice kladná. Index ziskovosti je doporučován jako kritérium výběru investičních projektů v těch případech, kdy je nutné vybírat mezi několika projekty, ale zdroje financování neumožňují přijmout všechny projekty, i když mají pozitivní čistou současnou hodnotu. Jestliže jsou zdroje financování investic omezeny je třeba řadit projekty tak, aby dohromady čistá současná hodnota všech projektů, omezena zdroji financování, byla co nejvyšší.

## **2.4. *Financování investic***

Financování investic [8,1] má dlouhodobý charakter a jejich cílem je zabezpečit finanční zdroje na efektivní investice s co nejnižšími průměrnými náklady kapitálu a nenarušit podstatně finanční riziko firmy. Zdroje financování investic lze rozdělit do dvou skupin. Jedna skupina jsou interní zdroje, kterými mohou být vklady vlastníků nebo společníků, odpisy, nerozdělený zisk, nebo výnosy z prodeje a z likvidace hmotného majetku a zásob. Druhou skupinou jsou externí zdroje, které představují určitou formu dluhu, který podnik musí v určené době splatit.

Odpisy hmotného a nehmotného investičního majetku jsou rozhodujícím zdrojem interního financování podniku. Jedná se o peněžní vyjádření postupného opotřebení majetku za určité období. Odpisy jsou sice nákladem, ale nejsou v daném čase peněžním výdajem. Odpisy by měly zohledňovat nejen fyzické opotřebení, ale i opotřebení s ohledem na technický pokrok. Zisk podniku [8] v poměru k vloženému kapitálu je jedním z nejdůležitějších měřítek úspěšnosti podnikání, výrazně ovlivňuje tržní hodnotu firmy. Růst tržní hodnoty firmy je hlavním cílem finančního řízení podniku. Nerozdělený zisk je jednou z položek celkového rozdělování zisku, která ohraničuje prostor jeho použití na investice. Použití nerozděleného zisku k samofinancování podnikového rozvoje se zvyšuje vlastní kapitál podniku. Samofinancováním ze zisku se snižují rizika ze zadlužení a je možné financovat i investice s vyšším rizikem, na které by bylo obtížné zajistit externí finanční zdroje.

Externích zdrojů pro financování investic je celá řada a jsou pevně spjaté s rozvojem a inovacemi na finančních trzích. Nejobvyklejšími formami externích zdrojů financování jsou akcie, obligace, ostatní dlouhodobé a střednědobé dluhy a finanční leasing. Tyto zdroje umožňují pružně reagovat na změny potřeb peněžních prostředků a přispívají ke zvýšení efektivnosti podnikání. Nákladem za používání externího kapitálu jsou úroky a ostatní výdaje spojené s jeho získáním. Externí zdroje zvyšují nároky na udržování likvidity podniku, aby podnik byl schopen hradit své závazky. Přesto je cizí kapitál obvykle levnější než kapitál vlastní.

## ***2.5. Finanční analýza jako podklad pro finanční rozhodování***

Finanční analýza [8,1] představuje významnou součást finančního řízení podniku, která zajišťuje zpětnou vazbu mezi předpokládaným efektem řídicích rozhodnutí a skutečností. Zdrojem pro finanční analýzu jsou data získaná ze základních finančních výkazů, kterými jsou rozvaha, výkaz zisku a ztrát, přehled o finančních tocích nebo ekonomických statistik a údajů z peněžního a kapitálového trhu. Nedostatkem těchto účetních informací je, že zobrazují minulost, popřípadě současnost, ale neobsahují výhledy do budoucnosti. Tyto nedostatky pomáhá překonávat finanční analýza tím, že údaje poměruje mezi sebou navzájem a rozšiřuje tak jejich vypovídací schopnost o minulosti, současnosti a předpokládané budoucnosti finančního hospodaření podniku.

Základním metodickým nástrojem finanční analýzy jsou tzv. finanční poměrové ukazatele. Tyto ukazatele však nepředstavují naprosto přesná měřítka pro sledované charakteristiky hospodaření podniku, ale mají pravděpodobnostní charakter. Těchto ukazatelů je velké množství a proto se sdružují do skupin podle aspektu finančního stavu podniku.

První skupinou jsou ukazatele rentability, určené k hodnocení a celkovému posouzení efektivnosti podniku. Efektivnost podniku je schopnost vytvářet nové zdroje a dosahovat zisku prostřednictvím investovaného kapitálu. Rentabilita [8,1] je zpravidla definována jako poměr zisku a vloženého kapitálu. Podle interpretace vloženého kapitálu do uvedeného vztahu rozlišujeme tři základní ukazatele rentability. Pokud do jmenovatele dosadíme celkový vložený kapitál získáme ukazatel rentability celkového kapitálu, který odráží výkonnost celkového kapitálu u všech aktivit bez ohledu na to z jakých zdrojů byly financovány. Tyto ukazatele jsou dále modifikovány způsobem specifikace zisku dosazovaného do vztahu (před zdaněním spolu s úroky, po zdanění spolu s úroky, popřípadě pouze čistý zisk). Dalším ukazatelem je rentabilita vlastního kapitálu, který vyjadřuje výnosnost kapitálu vloženého akcionáři. Tento ukazatel je definován jako poměr čistého zisku a vlastního jmění. Hodnota tohoto ukazatele by měla být pro udržení zájmu investorů vyšší než míra výnosnosti bezrizikové alokace kapitálu na finančním trhu. Součástí analýzy rentability je pyramidový rozklad rentability na dílčí ukazatele ve vztahu k ukazatelům syntetickým, čímž lze identifikovat objektivní vazby mezi nimi a vliv změn hodnot jednotlivých příčinných ukazatelů na změnu hodnoty ukazatele rentability. Samostatnou podskupinou jsou ukazatele aktivity, neboli vázanosti kapitálu. Nejčastěji sledují obrat zásob, obrat pohledávek a obrat stálých aktiv. Rychlost obratu zásob je definována jako poměr tržeb a průměrného stavu zásob všeho druhu. Výsledkem je absolutní číslo, které vyjadřuje kolikrát se přemění zásoby v ostatní formy oběžného majetku až po prodej hotových výrobků a opětný nákup zásob. Doba obratu zásob je dána poměrem průměrného stavu zásob a průměrných denních nákladů. Tento ukazatel se považuje za ukazatel intenzity využití zásob. Rychlost obratu pohledávek je dána poměrem tržeb a průměrného stavu pohledávek. Vyjadřuje, jak rychle jsou pohledávky přeměňovány v peněžní prostředky. I u pohledávek lze vyjádřit dobu obratu pohledávek, která vyjadřuje kolik dní se majetek podniku vyskytuje ve formě pohledávek a je dán poměrem 365 ku rychlosti obratu pohledávek.

Druhou skupinou jsou ukazatele zadluženosti [8,1], které vyjadřují míru cizích zdrojů použitých k financování svých aktiv a činností. Používání těchto zdrojů ovlivňuje jak výnosnost kapitálu akcionářů, tak riziko. Obecně je ukazatel zadluženosti vyjádřen jako poměr cizího a vlastního kapitálu. Jedním z nich je ukazatel věřitelského rizika, který je

vyjádřen, jako poměr celkových závazků k celkovým aktivům. Z toho vyplývá, že čím vyšší je hodnota tohoto ukazatele, tím vyšší je zadluženost podniku a současně i riziko věřitelů a akcionářů. K měření zadluženosti lze použít i další ukazatele, jako například poměr vlastního jmění k celkovému kapitálu, který se používá pro hodnocení hospodářské a finanční stability podniku.

Třetí skupinou jsou ukazatele platební schopnosti [Valach97, Kislingerová04], neboli likvidity. Obecně jsou tyto ukazatele definovány jako poměr mezi položkami aktiv a položkami pasiv. Likvidita je měřítkem krátkodobé nebo dlouhodobé schopnosti podniku uhradit splatné závazky. Ukazatel běžné likvidity je dán poměrem položek oběžných aktiv a krátkodobých závazků. Vyjadřuje v podstatě kolikrát pokrývají oběžná aktiva krátkodobé závazky podniku, tak aby podnik nebyl nucen k hrazení krátkodobých závazků prodávat hmotný investiční majetek. Čím vyšší je tedy hodnota ukazatele, tím pravděpodobnější je zachování platební schopnosti podniku. Tento ukazatel však nepřihlíží ke struktuře oběžných aktiv z hlediska jejich likvidnosti a struktuře krátkodobých závazků z hlediska doby splatnosti. K potlačení těchto nepřesností se využívá ukazatel pohotové likvidity, jejíž vyjádření je stejné, pouze oběžná aktiva zde nezahrnují hodnotu zásob. Vypovídací schopnost tohoto ukazatele je zejména v jeho změnách v závislosti na čase. Likvidita je zajištěna při hodnotě vyšší než 1, pokud je však hodnota příliš vysoká poukazuje na příliš vysoký objem aktiv vázaných ve formě pohotových prostředků, které přinášejí jen malý nebo žádný úrok. Posledním ukazatelem tohoto typu je ukazatel peněžní likvidity, který je dán poměrem finančního majetku a krátkodobých závazků.

Čtvrtou skupinou jsou ukazatele postavení podniku na kapitálovém trhu, které jsou obecně dané poměrem dividendy a zisku na jednu akcii. Jedním z ukazatelů je výplatní poměr, který vyjadřuje, jak velký podíl vytvořeného čistého zisku je vyplácen akcionářům v podobě dividend. Rozdílem mezi 1 a tímto ukazatelem se získá aktivační poměr, který vyjadřuje podíl zisku reinvestovaného zpět do podniku. Dalším ukazatelem je dividendový výnos, který je dán poměrem dividendy a tržní ceny akcie. Naopak, kapitálový výnos sledující růst tržní hodnoty akcie je dán poměrem tržní ceny akcie a zisku po zdanění na akcii.

Jak bylo výše uvedeno jednotlivé ukazatele mají svoji specifickou vypovídací hodnotu pro určitou oblast činnosti firmy. K posouzení celkové situace podniku je třeba většinou zhodnotit několik těchto ukazatelů současně. Zhodnocení většího množství ukazatelů umožňují bonitní a bankrotní modely. Bankrotní a bonitní modely [5] jsou si značně podobné, neboť oba umožňují přiřadit firmě jeden výsledný hodnotící koeficient. Rozdíl je v jejich účelu a datech, ze kterých vycházejí.

Bonitní modely odpovídají na otázku, zda jde o dobrou nebo špatnou firmu na základě jednoho syntetického ukazatele. Tyto modely jsou založené na teoretických poznacích a porovnávají firmu s oborovými výsledky, tedy se souborem podnikatelských subjektů působících ve stejném oboru. Modely umožňují kombinování kvalitativních a kvantitativních ukazatelů a jejich výsledky jsou přehledné a názorné. Nevýhodou však může být subjektivní pohled hodnotitele, který je ovlivněn jeho odborností. Při konstrukci těchto modelů lze použít dvě skupiny metod, metody komparativně-analytické a matematicko-statistické. Komparativně-analytické metody používají zejména verbální ukazatele, tedy slovně vyjádřenou úroveň. Jednou z těchto metod je SWOT analýza, ta sleduje silné a slabé stránky, příležitosti a hrozby sledované firmy. Další je metoda kritických faktorů úspěšnosti, která slouží k vlastnímu hodnocení firmy a ke komparaci kritických faktorů úspěšnosti sledované firmy s rozhodujícími konkurenty v odvětví. Poslední je metoda analýzy portfolia dvou dimenzí, které představují atraktivnost trhu a konkurenční způsobilost firmy. Pomocí bodového hodnocení každé dimenze sestavíme graf. Z polohy průsečíku je pak zřejmá poloha firmy na trhu. Matematicko-statistické metody vycházejí z transformace různých ukazatelů do jednoho integrálního ukazatele, který vyjadřuje úroveň hodnocené firmy. Tyto metody využívají matici objektů a jejich ukazatelů, jejichž význam je určen přiřazenými vahami. Z hodnot jednotlivých ukazatelů je pomocí vah vypočítán integrální ukazatel.

Bankrotní modely mají indikovat skutečnost, že firmě hrozí v blízké budoucnosti bankrot. Tyto modely jsou odvozeny z reálných situací u firem, které v minulosti zbankrotovaly nebo velmi dobře prosperovaly. Bankrotní modely se snaží indikovat dopředu finančně-ekonomické symptomy, které jsou charakteristické pro ohrožené firmy. Přitom vychází zejména z podílu těchto ukazatelů:

1. cash flow / cizí kapitál,
2. čistý zisk / celková aktiva,
3. cizí kapitál / celková aktiva,
4. čistý pracovní kapitál / celková aktiva.

Jedním z modelů je rychlý test, který umožňuje pomocí různých ukazatelů v krátkém časovém horizontu oklasifikovat analyzovanou firmu. Z každé oblasti analýzy, tedy stability, likvidity, rentability a hospodářského výsledku, je zastoupen jeden ukazatel. Kvóta vlastního kapitálu charakterizuje dlouhodobou finanční stabilitu a samostatnost firmy. Vyjadřuje v jakém poměru pokrývá firma své potřeby z vlastních zdrojů. Další ukazatel je doba splácení



dluhu z cash flow, který vyjadřuje, za jak dlouhé časové období je podnik schopen uhradit své závazky. Tyto dva ukazatele společně charakterizují finanční stabilitu sledované firmy.

Index bonity (4) je založen na multivariační diskriminační analýze a pracuje s těmito ukazateli:

1.  $x_1$  = cash flow / cizí zdroje,
2.  $x_2$  = celková aktiva / cizí zdroje,
3.  $x_3$  = zisk před zdaněním / celková aktiva,
4.  $x_4$  = zisk před zdaněním / celkové výkony,
5.  $x_5$  = zásoby / celkové výkony,
6.  $x_6$  = celkové výkony / celková aktiva.

Index bonity pak můžeme vypočítat z rovnice:

$$B_i = 1,5 \cdot x_{i1} + 0,08 \cdot x_{i2} + 10 \cdot x_{i3} + 5 \cdot x_{i4} + 0,3 \cdot x_{i5} + 0,1 \cdot x_{i6} . \quad (4)$$

Čím větší hodnotu indexu dostaneme, tím je finančně ekonomická situace firmy lepší.

Altmanova formule bankrotu (Z-skóre) vychází z diskriminační funkce (5) zvláště pro firmy s akciemi veřejně obchodovatelnými na burze a zvláště pro předvídání finančního vývoje ostatních firem. Z-skóre pro firmy s veřejně obchodovatelnými akciemi se vypočítá podle vztahu:

$$Z_i = 1,2 \cdot A + 1,4 \cdot B + 3,3 \cdot C + 0,6 \cdot D + 1,0 \cdot E , \quad (5)$$

kde A = pracovní kapitál / celková aktiva,

B = zisk po zdanění / celková aktiva,

C = zisk před zdaněním a úroky / celková aktiva,

D = tržní hodnota vlastního kapitálu / celkové dluhy,

E = celkové tržby / celková aktiva.

Pro předvídání finančního vývoje ostatních firem se index počítá ze vztahu (6):

$$Z_i = 0,717 \cdot A + 0,847 \cdot B + 3,107 \cdot C + 0,42 \cdot D + 0,998 \cdot E , \quad (6)$$

kde A, B, C a E jsou definována stejně a D je stanoven jako podíl základního jmění k celkovým dluhům. U obou indexů opět platí, že čím větší je jeho hodnota, tím je finančně ekonomická situace firmy lepší.

Index IN (7) vznikl na základě modelů, ratingů a praktických zkušeností při analýzách finančního zdraví podniků. Index se vypočítá pomocí vztahu:

$$Z_i = V_1 \cdot A + V_2 \cdot B + V_3 \cdot C + V_4 \cdot D + V_5 \cdot E + V_6 \cdot F, \quad (7)$$

kde A = aktiva / cizí kapitál,

B = EBIT / nákladové úroky,

C = EBIT / celková aktiva,

D = tržby / celková aktiva,

E = oběžná aktiva / krátkodobé závazky,

F = závazky po lhůtě splatnosti / tržby,

V = váhy jednotlivých ukazatelů.

Váhy se vypočtou jako podíl významnosti ukazatele ke kriteriální hodnotě ukazatele. Významnost jednotlivých ukazatelů je stanovena na základě analýz empiricko-induktivních ukazatelů.

Beermanova diskriminační funkce (8) je určena pro hodnocení současné finanční situace a prognózu vývoje v řemeslných a výrobních firmách. Tato funkce má tvar:

$$BDF_i = 0,217 \cdot x_{i1} + (-0,063) \cdot x_{i2} + 0,012 \cdot x_{i3} + 0,077 \cdot x_{i4} + (-0,105) \cdot x_{i5} + (-0,813) \cdot x_{i6} + 0,165 \cdot x_{i7} + 0,161 \cdot x_{i8} + 0,268 \cdot x_{i9} + 0,124 \cdot x_{i10}, \quad (8)$$

kde  $x_1$  = odpisy HIM / (počáteční stav HIM + přírůstek),

$x_2$  = přírůstek HIM / odpisy HIM,

$x_3$  = zisk před zdaněním / tržby,

$x_4$  = závazky vůči bankám / celkové dluhy,

$x_5$  = zásoby / tržby,

$x_6$  = cash flow / celkové dluhy,

$x_7$  = celkové dluhy / aktiva,

$x_8$  = zisk před zdaněním / celková aktiva,

$x_9$  = tržby / celková aktiva,

$x_{10}$  = zisk před zdaněním / celkové dluhy.

Platí, že čím je hodnota funkce nižší než 0,3, tím lepší finanční vývoj můžeme předikovat.

## ***2.6. Dílčí závěry***

Finanční rozhodování je jednou z nejdůležitějších činností při řízení podniku, která zabezpečuje jeho efektivní chod. Je to proces ekonomických činností směřující k dosahování finančních cílů podniku. S přihlédnutím k faktoru času a s tím spojeným stupněm rizika změn rozdělujeme finanční rozhodování na krátkodobé a dlouhodobé. Z globálního hlediska je však krátkodobé finanční rozhodování do značné míry ovlivněno dlouhodobým a naopak. Oba typy rozhodování se člení do několika fází, které vycházejí ze stanovených finančních cílů a směřují ke konečnému rozhodnutí. Každé finanční rozhodování je ovlivněno určitou mírou rizika podnikatelského neúspěchu, které je způsobeno změnami v interním a externím ekonomickém prostředí. Jedním z nejzásadnějších je rozhodování o investicích, které následně ovlivňuje efektivnost činnosti podniku po dlouhé období, zpravidla několika let. Pro posouzení efektivnosti podnikových investic existuje několik metod, které se dělí na statické, které nejsou tak významné a dynamické, které přihlížejí k faktoru času a rizika. Jednou z nejvýznamnějších dynamických metod je metoda čisté současné hodnoty. Tato metoda vyjadřuje rozdíl mezi aktualizovanou hodnotou peněžních příjmů z investice a aktualizovanou hodnotou kapitálových výdajů na investici. Zdroje k financování investic lze rozdělit na interní a externí. Stanovení poměru těchto zdrojů při financování investice je významnou součástí finančního rozhodování. Podkladem finančního rozhodování a zároveň zpětnou vazbou mezi předpokládaným efektem a skutečností je finanční analýza. Podkladem finančních analýz jsou data vypovídající o hospodaření podniku, která jsou získána ze základních finančních výkazů. Tato data nemají většinou sama o sobě dostatečnou vypovídací schopnost a proto jsou pomocí finanční analýzy poměřovány mezi sebou navzájem. K tomu slouží ukazatele rentability, zadluženosti, likvidity nebo kapitálového trhu. Výsledkem těchto finančních poměrových ukazatelů jsou závěry o celkovém hospodaření a finanční situaci podniku. Využitím kombinací těchto ukazatelů jsou sestavovány modely,

které se člení na bonitní a bankrotní. Bonitní modely syntetizují tyto ukazatele a ve výsledku vyjadřují finanční situaci podniku. Bankrotní modely pomocí vybraných ukazatelů pomáhají s předstihem indikovat ohrožení finančního zdraví firmy. Zjednodušeně lze bonitní modely charakterizovat jako zhodnocení dosažených výsledků a stanovení jejich příčin, naopak bankrotní modely slouží k předvídání a identifikaci budoucích problémů.

### **3. Fuzzy inferenční systémy**

Pro finanční rozhodování je typické použití přirozeného jazyka. Přirozený jazyk se vyznačuje vágností sémantiky, a proto ho nelze převést přímo do matematických formulí. Finanční řízení a rozhodování podniku je těsně spjata i s vnějším finančně-ekonomickým prostředím, ve kterém podnik funguje. Vyjádření všech těchto vlivů pomocí přesných čísel by neodpovídalo realitě, bylo by časově velice náročné a výsledné číslo by bylo obtížně interpretovatelné. Zejména faktor času má při rozhodování zásadní roli, neboť rozhodnutí učiněné na základě přesných informací, které není učiněno v reálném čase je z praktického hlediska neupotřebitelné. Tyto problémy je možné minimalizovat za pomoci fuzzy logiky, která umožňuje modelovat význam slov přirozeného jazyka a pracovat s určitou mírou nepřesnosti.

V této kapitole jsou proto popsány základní pojmy z oblasti fuzzy logiky. Ta pracuje s fuzzy množinami, jazykovými proměnnými, fuzzy výroky, atd. Rovněž je zde uvedena všeobecná struktura fuzzy inferenčního systému a jeho jednotlivé typy. Rozveden je proces fuzzifikace vstupních proměnných a aplikace operátorů v podmíněných pravidlech. Závěrečnou částí jsou metody defuzzifikace, pomocí kterých je přiřazena ostrá hodnota výstupní proměnné.

#### ***3.1. Fuzzy logika***

Historie vědomého používání fuzzy logiky začíná v druhé polovině 20. století, kdy v roce 1965 na Kalifornské univerzitě v Berkeley profesor informatiky Lofti A. Zadeh definoval hlavní zásady fuzzy logiky. Zpočátku byla fuzzy logika využívána zejména k řízení průmyslových procesů. S postupným vývojem se však stále více uplatňuje i při rozhodování v netechnických disciplínách. Fuzzy logika je matematická disciplína, která umožňuje zahrnout nepřesnost a umožňuje pracovat s přirozeným jazykem. Jedná se tedy o využití znalostí a zkušeností člověka, která jsou formou definovaných pravidel, využívána v automatizovaném procesu řízení (rozhodování). Fuzzy logika tedy najde uplatnění všude tam, kde řešíme problém spojený s neurčitostí nebo nepřesností, případně je problém silně ovlivněn subjektivním úsudkem rozhodovatele. Fuzzy logika se snaží pokrýt realitu v její neurčitosti a nepřesnosti, kde přílišná snaha o přesnost popisů by vedla k odklonu od reality.

Samotný pojem fuzzy logika se nepřekládá a v českém jazyce je mu nejbližší výraz neostrá, mlhavá logika, čímž je vyjádřen rozdíl od ostré Boolovy logiky, která je založena na dvou stavech, pravda nebo nepravda.

Podle současné klasifikace se fuzzy logika [2,4] dělí na fuzzy logiku v užším a širším smyslu. Fuzzy logika v užším smyslu je speciální vícehodnotová logika, jejímž cílem je poskytnout prostředky pro modelování fenoménu vágnosti pomocí zavedení stupňů. Fuzzy logika v širším smyslu zahrnuje zejména teorii přibližné dedukce, tj. model lidského usuzování, jehož charakteristickým znakem je používání přirozeného jazyka [2]. Proto jsou zavedeny základní pojmy fuzzy logiky, a to fuzzy množiny, jazyková proměnná, fuzzy výroky, atd. Pomocí těchto pojmů je možné definovat základní typy fuzzy inferenčních systémů.

### **3.2. Fuzzy množiny**

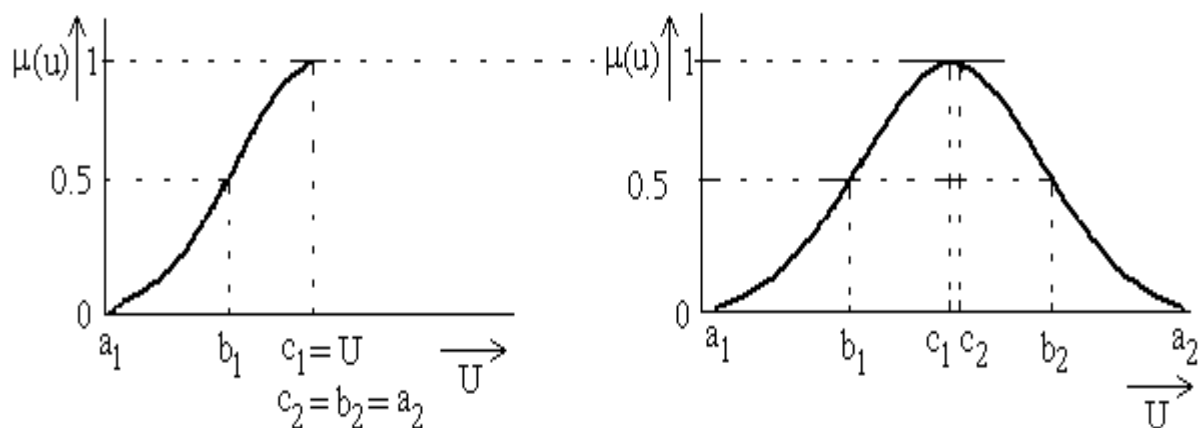
Základním principem fuzzy logiky je teorie fuzzy množin, jejíž myšlenka je poměrně jednoduchá a přirozená. Základní podmínkou je transformace jazykových prvků do kvantifikované stupnice, čímž je umožněno zpracovávat nenumerické informace pomocí lingvistické proměnné.

Pokud není možné stanovit přesné hranice množiny nahradíme rozhodnutí o náležitosti nebo nenáležitosti nějakého prvku do množiny určitou mírou vybranou z předem definovaného intervalu. Hlavní rozdíl je tedy v tom, že v klasické teorii množin je ostrá hranice mezi tím, zda prvek do množiny patří nebo nepatří. U klasických množin se pracuje s dvouprvkovou množinou hodnot  $\{0,1\}$ , které vyjadřují, že prvek do množiny patří „1“ nebo nepatří „0“. Ve fuzzy logice se tato dvouprvková množina rozšíří na celý interval možných hodnot  $\langle 0,1 \rangle$ . To znamená, že každý prvek množiny je do množiny přiřazen na základě určité míry příslušnosti, přičemž 0 a 1 jsou mezní hodnoty. Funkce, která výše uvedenou míru příslušnosti určuje nazýváme funkcí příslušnosti (9). Funkce příslušnosti  $\mu_A$  fuzzy množiny A [2,4] je funkce:

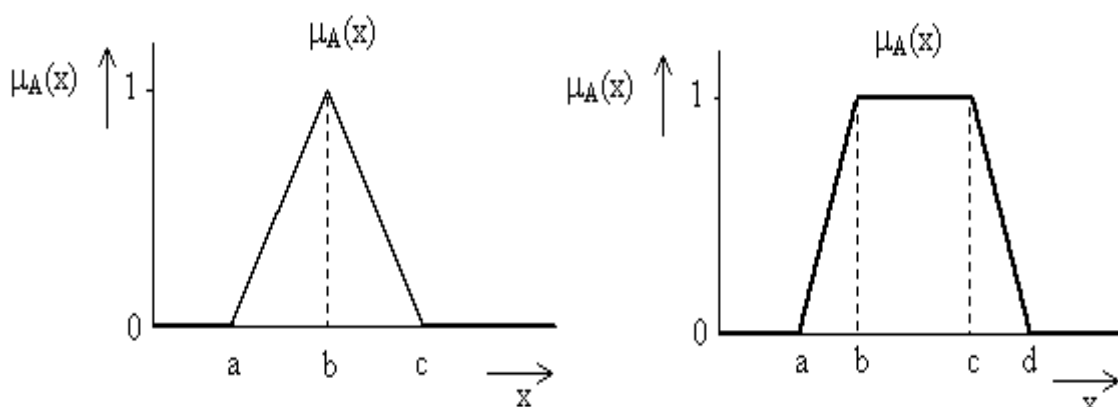
$$\mu_A : U \rightarrow [0,1], \text{ kde } U \text{ je univerzum.} \quad (9)$$

Každý prvek  $x \in U$  má stupeň příslušnosti  $\mu_A(x) \in [0,1]$ . Tvar funkce příslušnosti může být různý. Na obr. 1 jsou uvedeny funkce příslušnosti typu S a  $\Pi$ , trojúhelníková a

lichoběžníková funkce příslušnosti jsou uvedeny na obr. 2. Určení funkcí příslušnosti je možné expertně (dotazováním expertů) nebo automaticky z dat [4].



**Obr. 1** Funkce příslušnosti typu S a  $\Pi$  [4]



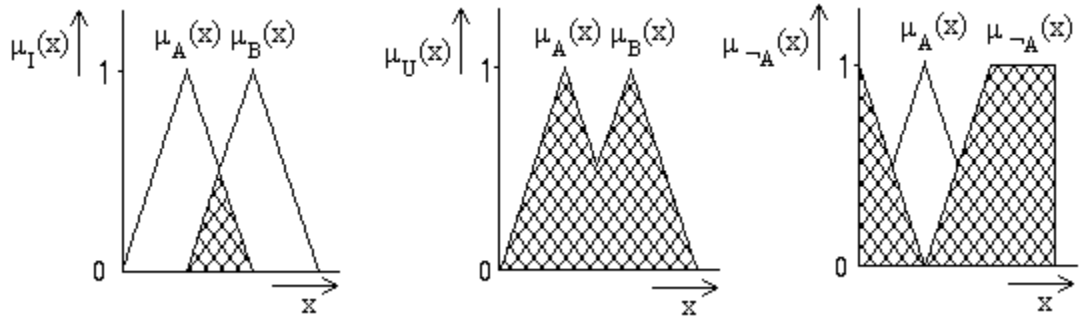
**Obr. 2** Trojúhelníková (vlevo) a lichoběžníková (vpravo) funkce příslušnosti [4]

**Legenda:** a, b, c, d jsou parametry funkce příslušnosti.

Fuzzy množina A [2] je jednoznačně určena (10) prvkem  $x \in U$  a jemu odpovídající hodnotou funkce příslušnosti  $\mu_A(x)$ , tj. množinou dvojic  $(x, \mu_A(x))$  takto:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) / x \in U\}. \quad (10)$$

Dále jsou uvedeny základní operace s fuzzy množinami [2,4]. Necht'  $A, B, C$  jsou fuzzy množiny a  $\emptyset$  je prázdná množina. Potom lze definovat funkce příslušnosti  $\mu_I(x)$ ,  $\mu_U(x)$ ,  $\mu_{\neg A}(x)$  znázorněné na obr. 3.



**Obr. 3** Funkce příslušnosti  $\mu_I(x)$ ,  $\mu_U(x)$ ,  $\mu_{\neg A}(x)$  [4]

Funkci příslušnosti  $\mu_I(x)$  průniku  $I=A \cap B$  ve tvaru (11):

$$\mu_I(x) = \text{MIN}\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}, \quad (11)$$

s těmito vlastnostmi:  $A \cap X = A$ ,  $A \cap \emptyset = \emptyset$ ,  $A \cap B = B \cap A$ ,  $A \cap (B \cap C) = (A \cap B) \cap C$ . Funkci příslušnosti  $\mu_U(x)$  sjednocení  $U=A \cup B$  ve tvaru (12):

$$\mu_U(x) = \text{MAX}\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}, \quad (12)$$

s těmito vlastnostmi:  $A \cup X = X$ ,  $A \cup \emptyset = A$ ,  $A \cup B = B \cup A$ ,  $A \cup (B \cup C) = (A \cup B) \cup C$  a funkci příslušnosti  $\mu_{\neg A}(x)$  doplňku  $\neg A = 1 - A$  ve tvaru (13):

$$\mu_{\neg A}(x) = 1 - \mu_A(x). \quad (13)$$

Třída funkcí, která vyhovuje (11) se nazývá trojúhelníková norma (t-norma) [4]. Může být vyjádřena (14) následujícím způsobem:

$$I = A \cap B \Leftrightarrow \forall x \in X: \mu_I(x) = \mu_A(x) \text{ t } \mu_B(x) \leq \text{MIN}\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}. \quad (14)$$



Nechť t-norma je zobrazení  $t: [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1] \forall w,x,y,z \in [0,1]$ . Potom t-norma je:

$$\begin{array}{ll} t(x,y) \leq t(w,z), x \leq w, y \leq z, & \text{monotónní,} \\ t(x,y) = t(y,x), & \text{komutativní,} \\ t(t(x,y),z) = t(x,t(y,z)), & \text{asociativní,} \\ t(x,1) = x, t(0,1)=0, & \text{ohraničená.} \end{array}$$

Třída funkcí, která vyhovuje (12) se nazývá s-norma (t-conorma) [4]. Může být vyjádřena (15) následujícím způsobem:

$$U = A \cup B \Leftrightarrow \forall x \in X: \mu_U(x) = \text{MAX}\{\mu_A(x), \mu_B(x)\} \leq \mu_A(x) \text{ s } \mu_B(x). \quad (15)$$

Nechť s-norma je zobrazení  $s: [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1] \forall w,x,y,z \in [0,1]$ . Potom s-norma je:

$$\begin{array}{ll} s(x,y) \leq s(w,z), \forall x \leq w, y \leq z, & \text{monotónní,} \\ s(x,y) = s(y,x), & \text{komutativní,} \\ s(s(x,y),z) = s(x,s(y,z)), & \text{asociativní,} \\ s(x,0) = x, s(1,0) = 1, & \text{ohraničená.} \end{array}$$

Funkce příslušnosti (11), (12) a (13) definované pomocí operací konjunkce, disjunkce a negace nad fuzzy množinami jsou používané nejčastěji. Operací, které mohou reprezentovat průnik fuzzy množin (t-norma) a sjednocení fuzzy množin (s-norma), je celá řada. Jsou uvedeny např. v [2].

### 3.3. Všeobecná struktura fuzzy inferenčních systémů

Fuzzy množiny jsou vhodným nástrojem pro interpretaci významu slov. Základním prvkem přibližného usuzování je jazyková proměnná [2,7]. Reprezentuje znalost a její hodnoty jsou slova přirozeného jazyka. Hodnoty jazykové proměnné se obecně nazývají jazykové výrazy. Podle [2] je jazyková proměnná definovaná jako šestice

$$JP = \langle X, T(X), G, M, P, SP \rangle, \quad (16)$$

- kde:
- X je jméno jazykové proměnné,
  - T(X) je množina hodnot JP - jazykových výrazů,
  - G je syntaktické pravidlo, pomocí kterého jsou tvořeny jazykové výrazy z množiny T(X),
  - M je množina kanonických objektů,
  - P={V | V je možný svět} je třída možných světů,
  - SP je sémantické pravidlo, přiřazující každému jazykovému výrazu jeho význam.

Pojem jazykové proměnné je vhodný zejména při popisu rozměrů či velikostí. V této souvislosti je důležité uvést pojem fuzzy výrok [2,7]. Nejjednodušší fuzzy výrok se nazývá atomický. Je definován pomocí funkce příslušnosti  $\mu_A$ , která je definována na univerzu U. Hodnota funkce příslušnosti  $\mu_A(x)$  potom určuje stupeň, s jakým ostrá hodnota proměnné x patří do fuzzy množiny A. Atomické fuzzy výroky mohou být spojeny spojkami AND, OR, NOT a vytvářejí tak složené fuzzy výroky. Potom, výroková fuzzy logika – VFL (17) [Olej03, Novák86] je algebraický systém:

$$VFL = \langle [0,1], \wedge, \vee, \neg \rangle, \quad (17)$$

- kde:
- uzavřený interval [0,1] je množina pravdivostních hodnot fuzzy výroku,
  - $\wedge$  je operace konjunkce,
  - $\vee$  je operace disjunkce,
  - $\neg$  je operace negace.

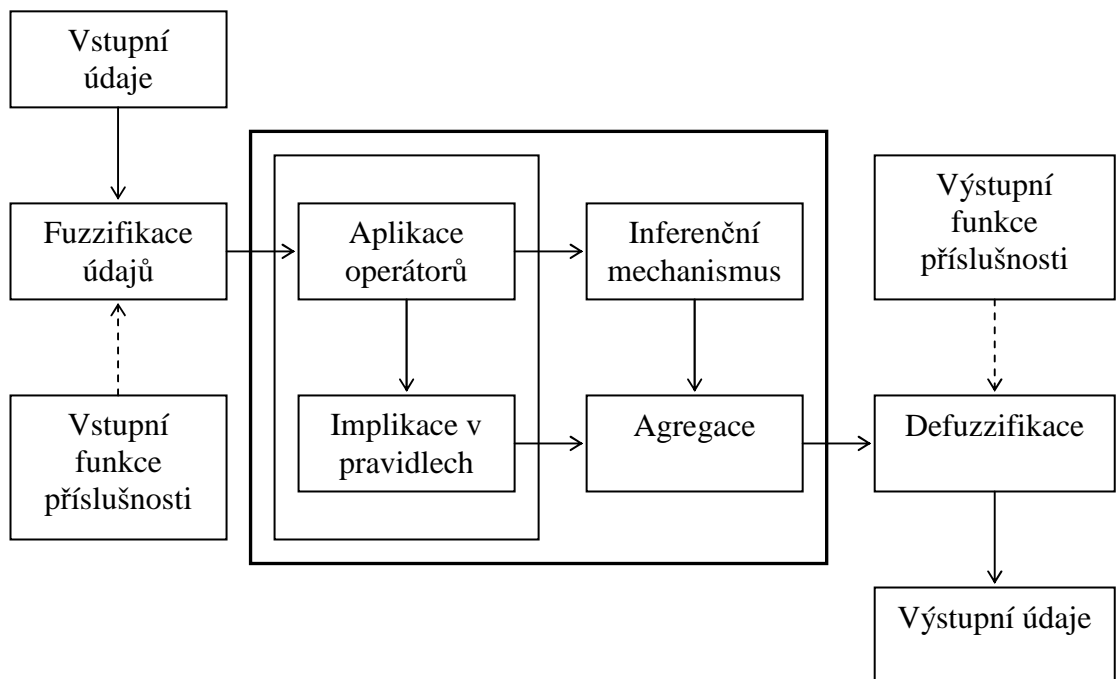
Pravdivostní hodnota fuzzy výroku blížící se ke krajním hodnotám určuje vyšší jistotu o pravdivosti nebo nepravdivosti fuzzy výroku. Při hodnotě 0,5 se nelze s jistotou o pravdivosti výroku vyjádřit.

Fuzzy podmíněná pravidla jsou využívána prakticky ve všech oblastech rozhodování a rozpoznávání. Fuzzy výrok typu IF-THEN [2,4] se nazývá fuzzy implikace (podmíněné pravidlo) a je symbolicky vyjádřen takto:

$$\text{IF (fuzzy výrok) THEN (fuzzy výrok)}, \quad (18)$$

- kde:
- fuzzy výrok je buď atomický nebo složený,
  - fuzzy výrok před THEN se nazývá antecedent (předpoklad),
  - fuzzy výrok za THEN se nazývá konsekvent (závěr).

Všeobecná struktura fuzzy inferenčního systému [4,2] je znázorněná na obr. 4. Obsahuje proces fuzzifikace vstupních proměnných pomocí funkcí příslušnosti, návrh báze podmíněných pravidel nebo automatickou extrakci podmíněných pravidel ze vstupních údajů, aplikaci operátorů (AND, OR, NOT) v podmíněných pravidlech, implikaci a agregaci v rámci těchto pravidel a proces defuzzifikace získaných výstupů na ostré hodnoty.



**Obr. 4 Všeobecná struktura fuzzy inferenčního systému [4]**

V procesu fuzzifikace jsou vstupy transformovány do oboru hodnot vstupních funkcí příslušnosti. Inferenční mechanismus je založený na operacích fuzzy logiky a implikaci v rámci podmíněných pravidel [2,3]. Na základě agregačního procesu jsou transformovány výstupy jednotlivých podmíněných pravidel do výstupní fuzzy množiny. V procesu defuzzifikace je provedena konverze fuzzy hodnot na očekávané ostré hodnoty.

Návrh tvaru, počtu a parametrů vstupních a výstupních funkcí příslušnosti lze realizovat pomocí expertů nebo generovat automaticky, např. pomocí neuronové sítě. Při expertním návrhu jsou dotazováni experti na danou problematiku, při automatickém návrhu jsou funkce

příslušnosti extrahovány ze vstupně-výstupních dat. Při tomto návrhu se používají především trojúhelníkové, lichoběžníkové a jiné funkce příslušnosti. Vstupem do fuzzifikačního procesu je ostrá hodnota, která je dána univerzem (referenční množinou)  $U$ . Výstupem fuzzifikačního procesu je hodnota funkce příslušnosti  $\mu_A(x)$ . Báze podmíněných pravidel se skládá z podmíněných pravidel [2,3]. Tato pravidla se používají pro tvorbu fuzzy podmíněných výroků, které tvoří základ fuzzy inferenčních systémů.

Na základě všeobecné struktury fuzzy inferenčních systémů lze navrhnout tři základní typy fuzzy inferenčních systémů, a to typ Mamdani, typ Takagi-Sugeno a typ Tsukamoto [3]. Tyto typy fuzzy inferenčních systémů se liší ve způsobu určení výstupů. Různá formulace výstupů způsobuje odlišnou konstrukci podmíněných pravidel. Podmíněná pravidla lze získat pomocí expertů nebo prostřednictvím extrakce ze vstupně-výstupních dat [3]. Fuzzifikace vstupních proměnných a aplikace operátorů v podmíněných pravidlech jsou ve všech typech fuzzy inferenčních systémů stejné.

Nechť  $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n$  jsou vstupní proměnné definované na referenčních množinách  $X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_n$  a  $y$  je výstupní proměnná definovaná na referenční množině  $Y$ . Potom fuzzy inferenční systém má  $n$  vstupních proměnných a jednu výstupní proměnnou. Každou množinu  $X_i$ ,  $i=1,2, \dots, n$ , lze rozdělit na  $p_j$ ,  $j=1,2, \dots, m$ , funkcí příslušnosti  $\mu_1^{(i)}(x), \mu_2^{(i)}(x), \dots, \mu_{p_j}^{(i)}(x), \dots, \mu_m^{(i)}(x)$ . Jednotlivé funkce příslušnosti  $\mu_1^{(i)}(x), \mu_2^{(i)}(x), \dots, \mu_{p_j}^{(i)}(x), \dots, \mu_m^{(i)}(x)$ ,  $i=1,2, \dots, n$ ;  $j=1,2, \dots, m$  představují přiřazení hodnot jazykových proměnných, které se vztahují k množinám  $X_i$ . Podobně množina  $Y$  je rozdělena na  $p_k$ ,  $k=1,2, \dots, o$ , funkcí příslušnosti  $\mu_1(y), \mu_2(y), \dots, \mu_{p_k}(y), \dots, \mu_o(y)$ . Funkce příslušnosti  $\mu_1(y), \mu_2(y), \dots, \mu_{p_k}(y), \dots, \mu_o(y)$  představují přiřazení hodnot jazykových proměnných pro množinu  $Y$ . Potom podmíněné pravidlo (19) u fuzzy inferenčních systémů typu Mamdani lze zapsat ve tvaru [Olej03, Novák00]

$$\text{IF } x_1 \text{ is } A_1^{(i)} \text{ AND } x_2 \text{ is } A_2^{(i)} \text{ AND } \dots \text{ AND } x_n \text{ is } A_{p_j}^{(i)} \text{ THEN } y \text{ is } B, \quad (19)$$

kde: -  $i=1,2, \dots, n$ ;  $j=1,2, \dots, m$ ,

-  $A_1^{(i)}, A_2^{(i)}, \dots, A_{p_j}^{(i)}$  reprezentují hodnoty jazykové proměnné, které odpovídají funkcím příslušnosti  $\mu_1^{(i)}(x), \mu_2^{(i)}(x), \dots, \mu_{p_j}^{(i)}(x), \dots, \mu_m^{(i)}(x)$ ,

-  $B$  reprezentuje hodnoty jazykové proměnné, která odpovídá funkcím příslušnosti  $\mu_1(y), \mu_2(y), \dots, \mu_{p_k}(y), \dots, \mu_o(y)$ ,  $k=1,2, \dots, o$ .

Modifikací fuzzy inferenčního systému typu Mamdani je fuzzy inferenční systém typu Takagi-Sugeno. Výstupem fuzzy inferenčního systému Takagi-Sugeno je ostré číslo, které je získané jako hodnota lineární kombinace hodnot vstupních proměnných. Podmíněné pravidlo (20) ve fuzzy inferenčním systému typu Takagi-Sugeno lze zapsat takto [3]

$$\text{IF } x_1 \text{ is } A_1^{(i)} \text{ AND } x_2 \text{ is } A_2^{(i)} \text{ AND } \dots \text{ AND } x_n \text{ is } A_{p_j}^{(i)} \text{ THEN } y = h, \quad (20)$$

kde  $h$  je konstanta.

Fuzzy inferenční systém, který se skládá z podmíněných pravidel definovaných podle (20) se označuje jako fuzzy inferenční systém typu Takagi-Sugeno nultého řádu. Jestliže má podmíněné pravidlo ve fuzzy inferenčním systému typu Takagi-Sugeno tvar [4]

$$\text{IF } x_1 \text{ is } A_1^{(i)} \text{ AND } x_2 \text{ is } A_2^{(i)} \text{ AND } \dots \text{ AND } x_n \text{ is } A_{p_j}^{(i)} \text{ THEN } y = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (21)$$

kde  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  je lineární funkce, pak se tento fuzzy inferenční systém označuje jako fuzzy inferenční systém typu Takagi-Sugeno prvního řádu. Jestliže je  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  polynomičká funkce, jedná se o fuzzy inferenční systém typu Takagi-Sugeno druhého řádu. Použití tohoto fuzzy inferenčního systému zvyšuje rychlost defuzzifikačního procesu, protože se podstatně snižuje výpočtový proces v porovnání se všeobecnějším fuzzy inferenčním systémem typu Mamdani [4].

Tvar podmíněného pravidla pro fuzzy inferenční systém typu Tsukamoto lze zapsat takto:

$$\text{IF } x_1 \text{ is } A_1^{(i)} \text{ AND } x_2 \text{ is } A_2^{(i)} \text{ AND } \dots \text{ AND } x_n \text{ is } A_{p_j}^{(i)} \text{ THEN } y \text{ is } C_i, \quad (22)$$

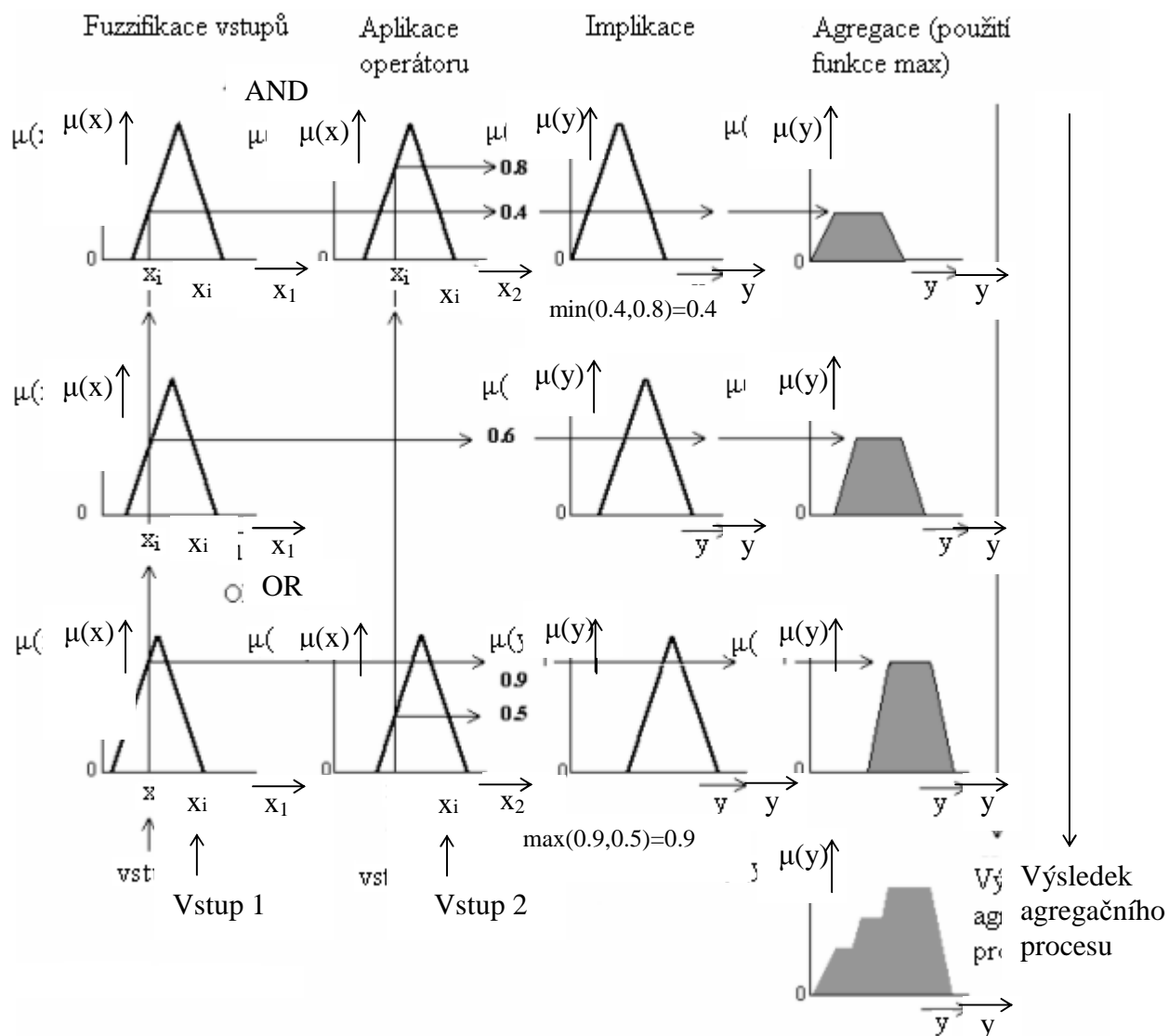
kde  $C_i$  je zcela monotónní (přímo rostoucí nebo přímo klesající) funkce.

Výsledkem antecedentní části podmíněného pravidla je hodnota z intervalu  $[0,1]$ . Výsledek konsekventu je reprezentovaný jako fuzzy množina pro fuzzy inferenční systém typu Mamdani. Interpretace podmíněného pravidla je provedena ve třech krocích. Nejprve jsou fuzzifikovány vstupy, pak jsou aplikovány fuzzy operátory [4]. Výsledkem těchto kroků je výstupní hodnota antecedentní části. Následuje aplikace takto získaného výsledku v konsekventu (implikace). Pokud se antecedent podmíněného pravidla skládá z více částí, jsou

všechny části antecedentu vypočítané souběžně a transformované na hodnotu z intervalu  $[0,1]$  pomocí logických operátorů. Toto číslo představuje výsledek antecedentní části podmíněného pravidla.

Konsekvent je ovlivněný antecedentem tak, že implikační funkce modifikuje fuzzy množinu, která je výstupem konsekventu podle stupně specifikovaném v antecedentu. Než se použije implikační metoda, jsou brány do úvahy váhy jednotlivých podmíněných pravidel. Každé z nich má váhu z intervalu  $[0,1]$ , která je aplikovaná na výstupní hodnotu antecedentu. Následuje proces implikace [4], což je změna funkce příslušnosti konsekventu pomocí funkce, která je asociovaná s výstupem antecedentu.

Vstupem do implikačního procesu je hodnota z intervalu  $[0,1]$  a výstupem je modifikovaná fuzzy množina. Implikační proces se uskutečňuje pro každé podmíněné pravidlo z báze podmíněných pravidel. Nejčastějšími způsoby modifikace výstupní fuzzy množiny jsou zkrácení, které používá MIN funkci a škálování, které používá PROD funkci. Vzhledem k tomu, že fuzzy inferenční systém obvykle vyžaduje více podmíněných pravidel, je potřeba uskutečnit proces agregace. Agregací proces fuzzy inferenčních systémů typu Mamdani je znázorněn na obr. 5 [4]. Agregace je transformace výstupů každého podmíněného pravidla do jedné výstupní fuzzy množiny. Tato množina je nejprve defuzzifikována, čímž je přiřazena ostrá hodnota výstupní proměnné. Agregace je realizována pro každou výstupní proměnnou. Vstupem do agregacího procesu jsou modifikované fuzzy množiny. Výstupem agregacího procesu je jedna fuzzy množina pro každou výstupní proměnnou. Mezi nejčastěji používané agregací metody patří funkce MAX, představující maximální hodnotu výstupní fuzzy množiny každého podmíněného pravidla nebo SUM představující součet výstupních fuzzy množin jednotlivých podmíněných pravidel. Pomocí nich je vyprodukován fuzzifikovaný výstup, který je potřeba transformovat zpět na ostrou hodnotu. Vstupem do defuzzifikačního procesu je agregovaná fuzzy množina. Výstupem je ostré číslo.



Obr. 5 Agregací proces [4]

Nechť  $C$  je výstupní fuzzy množina, která prošla agregací procesem a nechť defuzzifikovaná hodnota výstupu je  $y_0(C)$ . Potom defuzzifikační proces má tvar  $D: [0,1] \rightarrow y_0(C)$ . Nejpoužívanější defuzzifikační metodou je metoda středu těžiště COG (Center of Gravity) [4]. Pomocí této metody lze určit těžiště plochy, která se nachází pod křivkou charakterizující agregovanou fuzzy množinu takto:

$$y_0(C) = \frac{\sum_{j=1}^p y_j \times \mu_C(y_j)}{\sum_{j=1}^p \mu_C(y_j)}, \quad (23)$$

kde: -  $\mu_C(y_j)$  je hodnota funkce příslušnosti agregované fuzzy množiny pro hodnotu  $y_j$ ,  
 -  $y_j$  je hodnota z referenční množiny  $Y$ .

Typickou vlastností této metody je, že bere v úvahu všechny hodnoty funkce příslušnosti  $\mu_C(y_j)$  výstupní fuzzy množiny  $C$ . Metodu lze upravit tak, aby všechny hodnoty v úvahu brány nebyly. Hodnoty funkce příslušnosti  $\mu_C(y_j)$  pod určitým prahem jsou vyloučeny. Důvodem je, že malé hodnoty funkce příslušnosti jsou nenulové pouze kvůli existenci nějakého šumu. Defuzzifikovaná hodnota výstupu  $y_0^\lambda(C)$  je pak určena takto [4]:

$$y_0^\alpha(C) = \frac{\sum_{j=1}^p y_j \times \mu_C^\alpha(y_j)}{\sum_{j=1}^p \mu_C^\alpha(y_j)}, \quad (24)$$

kde: -  $\alpha$  je zvolená prahová hodnota,  
 -  $\mu_C^\alpha(y_j)$  je hodnota funkce příslušnosti agregované fuzzy množiny pro hodnotu  $y_j$ , která splňuje podmínku  $\mu_C(y_j) \geq \alpha$ .

Dalšími defuzzifikačními metodami [2] jsou metoda MOM (Mean of Maxima), která bere v úvahu všechny prvky, jejichž stupeň příslušnosti je maximální a metody FOM (First of Maxima) a LOM (Last of Maxima), které jsou jednodušší, ale jejich význam je okrajový. Důležitým parametrem každé defuzzifikační metody je její výpočetní náročnost. Z tohoto pohledu je metoda COG nejnáročnější, poskytuje však obvykle nejlepší výsledky [4]. Pomocí fuzzy inferenčního systému lze aproximovat funkci (obecně nelineární) jedné nebo více proměnných. Tento typ aproximace používá slovního popisu, proto se nazývá jazyková aproximace. Aproximovat lze s libovolnou přesností libovolnou spojitou funkci definovanou na spojitě množině. Přesnost této aproximace závisí na počtu, tvaru a umístění funkcí příslušnosti  $\mu_A$  v univerzech  $U$ . Fuzzy aproximace má oproti jiným metodám přednost v možnosti aplikace kvalitativních znalostí o aproximované funkci. Navíc lze změnou parametrů fuzzy inferenčního systému lokálně ovlivňovat vlastnosti aproximační funkce.



### 3.4. Dílčí závěry

Fuzzy logika je matematická disciplína, která umožňuje zahrnout nepřesnost nebo neurčitost a umožňuje pracovat s výrazy přirozeného jazyka. Umožňuje využití znalostí a zkušeností člověka, která jsou formou definovaných pravidel, využívána v automatizovaném procesu řízení nebo rozhodování. Základním postupem je transformace jazykových prvků do kvantifikované stupnice a vytvoření fuzzy množin, čímž je umožněno zpracovávat nenumerické informace pomocí lingvistické proměnné. Náležení nebo nenáležení prvků do fuzzy množiny je provedeno na základě určité míry příslušnosti. Funkce, která výše uvedenou míru příslušnosti určuje nazýváme funkcí příslušnosti prvku do fuzzy množiny. Tvar funkce příslušnosti může být typu S,  $\Pi$ , trojúhelníkový, lichoběžníkový, atd. S takto charakterizovanými fuzzy množinami lze provádět operace, z nichž základní jsou průnik, sjednocení a doplněk. Fuzzy množiny lze použít také jako nástrojem pro interpretaci významu slov. Základním prvkem přibližného usuzování je jazyková proměnná, která reprezentuje znalost a její hodnoty jsou slova přirozeného jazyka, které se obecně nazývají jazykové výrazy. Využití jazykové proměnné je vhodný zejména při popisu rozměrů či velikostí. S tím úzce souvisí pojem fuzzy výrok. Nejjednodušší fuzzy výrok se nazývá atomický. Je definován pomocí funkce příslušnosti  $\mu_A$ , která je definována na univerzu U. Atomické fuzzy výroky mohou být spojeny spojkami AND, OR, NOT a vytvářet tak složené fuzzy výroky. Fuzzy výrok typu IF-THEN se nazývá fuzzy implikace neboli podmíněné pravidlo. Všeobecná struktura fuzzy inferenčního systému obsahuje proces fuzzifikace vstupních proměnných pomocí funkcí příslušnosti, návrh báze podmíněných pravidel nebo automatickou extrakci podmíněných pravidel ze vstupních údajů, aplikaci operátorů (AND, OR, NOT) v podmíněných pravidlech, implikaci a agregaci v rámci těchto pravidel a proces defuzzifikace získaných výstupů na ostré hodnoty. Ze všeobecné struktury fuzzy inferenčních systémů vychází tři základní typy fuzzy inferenčních systémů, a to typ Mamdani, typ Takagi-Sugeno a typ Tsukamoto, které se liší zejména ve způsobu určení výstupů.

## 4. Vybrané finanční modely za rizika a nejistoty

V této kapitole budou navrženy finanční modely umožňující realizovat riziko a nejistotu přítomnou ve finančním rozhodování. Prvním modelem je stanovení čisté současné hodnoty za rizika a nejistoty, kde je porovnán tradiční přístup výpočtu čisté současné hodnoty s modelem čisté současné hodnoty za nejistoty na bázi fuzzy logiky. Další model finančního zdraví podniků umožňuje určení finančního zdraví podniku pomocí fuzzy inferenčního systému typu Mamdani.

### 4.1. Stanovení čisté současné hodnoty za rizika a nejistoty

Model stanovení čisté současné hodnoty na bázi fuzzy logiky platí obecně. V práci jsou prezentovány výsledky tohoto modelu na příkladu, pro který platí následující předpoklady. Ve firmě se rozhoduje o investičním projektu s dobou životnosti tři roky a investičními výdaji 635 peněžních jednotek, rizikový náklad kapitálu činí 10%. Budoucí finanční toky však vzhledem k neurčitosti lze stanovit za nejistoty pomocí fuzzy čísel typu kvadratických T-čísel nebo za rizika prostřednictvím rozdělení pravděpodobnosti. Prvním úkolem tohoto příkladu je určit čistou současnou hodnotu (NPV) projektu jako fuzzy množinu (obr. 6), jestliže CF jsou zadány jako kvadratická T-čísla. Druhým úkolem je určit rozdělení pravděpodobnosti NPV projektu, jestliže CF jsou zadány jako normální rozdělení pravděpodobnosti a předpokládá se statistická nezávislost CF [9].

Krajní body  $\varepsilon$ -řezu NPV, s využitím operace fuzzy skalární součin a fuzzy sčítání [9].

$$NPV^\varepsilon = \left[ {}^-NPV^\varepsilon; {}^+NPV^\varepsilon \right] = \left[ \sum_t df_t \cdot {}^-CF_t^\varepsilon; \sum_t df_t \cdot {}^+CF_t^\varepsilon \right], \quad (25)$$

$$\text{kde } {}^-CF_t^\varepsilon = (CF_t^L - CF_t^\alpha) + \sqrt{\varepsilon} \cdot CF_t^\alpha,$$

$${}^+CF_t^\varepsilon = (CF_t^U - CF_t^\beta) + \sqrt{\varepsilon} \cdot CF_t^\beta.$$

Výpočet směrodatné odchylky a střední hodnoty NPV [9].

$$\sigma(NPV) = \sqrt{\sum_t df_t^2 \cdot \sigma^2(CF_t)} = \sqrt{\left( \bar{df}^2 \right)^T \cdot \sigma^2(CF)}, \quad (26)$$

$$E(\text{NPV}) = \sum_t df_t \cdot E(\text{CF}_t) = df^T \cdot E(\tilde{\text{CF}}). \quad (27)$$

T-číslo se označuje  $\tilde{\text{CF}} = (\text{CF}^L, \text{CF}^U, \text{CF}^\alpha, \text{CF}^\beta)$  a je definováno takto

$$\tilde{\text{CF}} \equiv \mu_{\tilde{\zeta}}(x) = \left. \begin{array}{l} L(x) \text{ pro } \text{CF}^L - \text{CF}^\alpha < x < \text{CF}^L \\ 1 \text{ pro } \text{CF}^L \leq x \leq \text{CF}^U \\ R(x) \text{ pro } \text{CF}^U < x < \text{CF}^U + \text{CF}^\beta \\ 0 \text{ jinak} \end{array} \right\}, \quad (28)$$

kde  $L(x) = L\left[\frac{x - (\text{CF}^L - \text{CF}^\alpha)}{\text{CF}^\alpha}\right]$  je reálná neklesající spojitá funkce,

$R(x) = R\left[\frac{(\text{CF}^U + \text{CF}^\beta) - x}{\text{CF}^\beta}\right]$  je reálná nerostoucí spojitá funkce.

Každé fuzzy číslo lze zkonstruovat pomocí sjednocení  $\varepsilon$ -řezů prostřednictvím dekompozičního principu:

$$\mu_{\tilde{\zeta}}(y) = \sup\{\varepsilon; I_{\tilde{\zeta}^\varepsilon}\} \equiv \bigcup_{\varepsilon} \varepsilon \cdot [-s^\varepsilon; +s^\varepsilon] \text{ pro } y \in E^I \text{ a } \varepsilon \in [0,1], \quad (29)$$

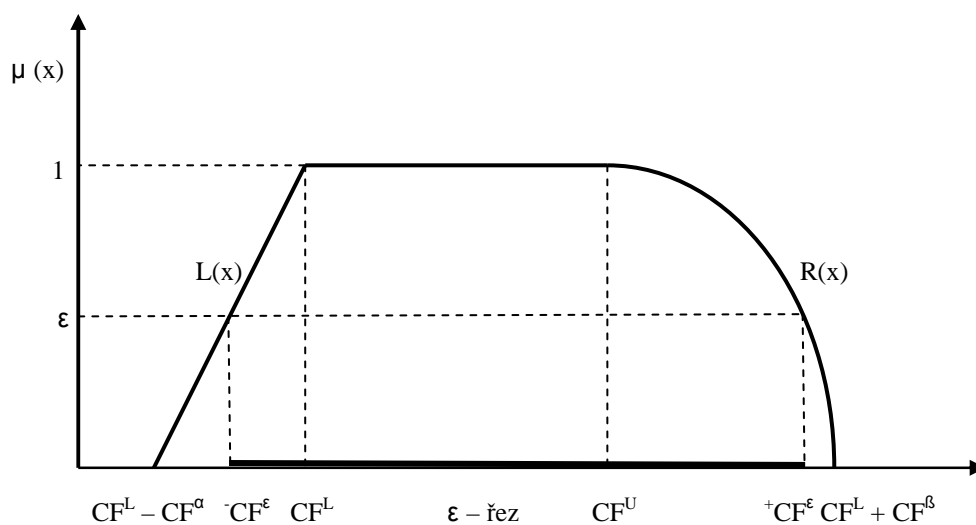
kde  $s^\varepsilon = [-s^\varepsilon; +s^\varepsilon]$  je  $\varepsilon$ -řez. Zde  $I_{\tilde{\zeta}^\varepsilon}$  je charakteristická funkce,

$$I_{\tilde{\zeta}^\varepsilon} = \begin{cases} 1 & \text{když } y \in [-s^\varepsilon; +s^\varepsilon] \\ 0 & \text{když } y \notin [-s^\varepsilon; +s^\varepsilon] \end{cases}.$$

Přitom,  $\varepsilon$ -řez je chápán jako množina

$$s^\varepsilon = \{x; \text{pro které } \mu_{\tilde{\zeta}}(x) \geq \varepsilon\} = [-s^\varepsilon; +s^\varepsilon], \quad (30)$$

tedy  $-s^\varepsilon = \min\{x; \text{pro které } \mu_{\tilde{\zeta}}(x) \geq \varepsilon\}$ ,  $+s^\varepsilon = \max\{x; \text{pro které } \mu_{\tilde{\zeta}}(x) \geq \varepsilon\}$ .



Obr. 6 Graf funkce příslušnosti T – čísla [9].

K převodu budoucích peněžních toků na jejich současné hodnoty slouží tzv. diskontní koeficienty uvedené v tab. 1. Čím delší je časový posun, tím menší je současná hodnota peněžního toku.

Tab. 1. Diskontní koeficienty.

T	df
1	0,9091
2	0,8264
3	0,7513

Příklad zadání budoucích peněžních toků plynoucích z realizované investice definovaných pomocí fuzzy čísel je uveden v tab. 2. Každé takto zadané fuzzy číslo se dá vyjádřit ve tvaru znázorněném na obr. 6.

Tab. 2. Peněžní toky definované pomocí fuzzy čísel.

	$CF^L$	$CF^U$	$CF^\alpha$	$CF^\beta$
$CF_1$	100	102	5	4
$CF_2$	300	303	6	5
$CF_3$	400	405	8	7
INV	635	635	0	0

Pro uvedené hodnoty je možno spočítat směrodatnou odchylku dle vztahu (26) a střední hodnotu NPV podle (27). Vypočtené hodnoty jsou prezentovány v tab. 3. Hodnoty budoucích peněžních toků CF pro dané hodnoty funkcí příslušnosti jsou pak uvedené v tab. 4. Rovněž je zde vypočítaná čistá současná hodnota NPV, která se na základě toho dá vyjádřit pomocí funkce příslušnosti uvedené na obr. 7.

Tab. 3. Směrodatná odchylka a střední hodnota pro fuzzy přístup.

$E(CF_1)$	$\sigma(CF_1)$
100	4
300	6
400	7

Tab. 4. NPV – fuzzy přístup.

$\varepsilon$	0	0,25	0,50	0,75	1,00	1,00	0,75	0,50	0,25	0
$CF_1$	95,00	97,50	98,54	99,33	100,00	102,00	102,54	103,17	104,00	106,00
$CF_2$	294,00	297,00	298,24	299,20	300,00	303,00	303,67	304,46	305,50	308,00
$CF_3$	392,00	396,00	397,66	398,93	400,00	405,00	405,94	407,05	408,50	412,00
NPV	-11,164	-3,407	-0,194	2,271	4,350	12,404	14,149	16,220	18,918	25,431
	0	0,25	0,50	0,75	1,00	1,00	0,75	0,50	0,25	0

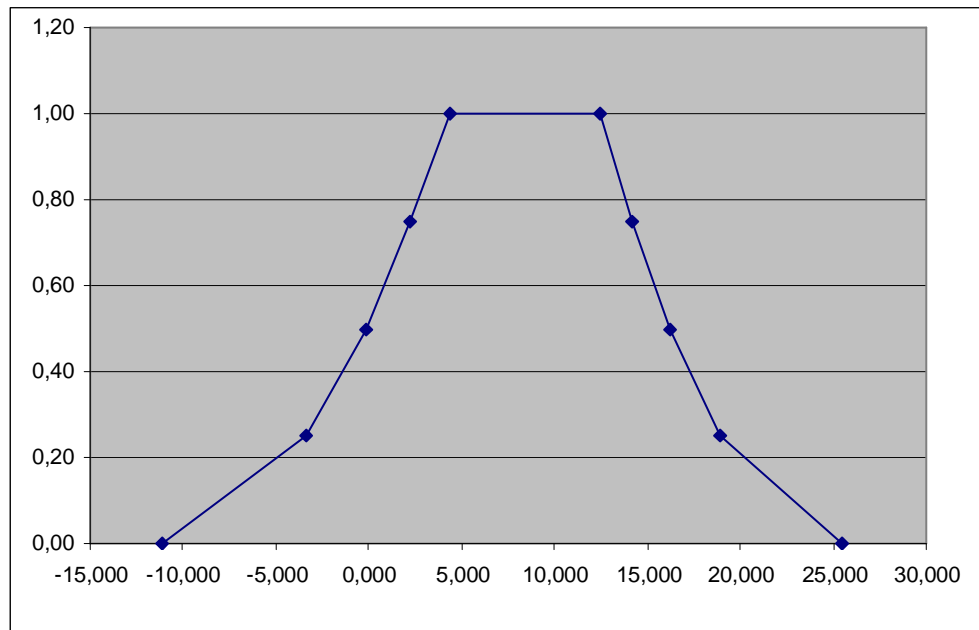
Pro srovnání s fuzzy přístupem stanovení NPV byl zvolen stochastický přístup, umožňující modelovat riziko budoucích peněžních toků. Tato metoda lze použít, pokud lze kvantifikovat nejistotu budoucích peněžních toků CF. Výpočet směrodatné odchylky a střední hodnoty NPV je uveden v tab. 5, vypočtená NPV pak v tab. 6. Distribuční funkce takto vypočtené NPV se dá znázornit tak, jak je to uvedeno na obr. 8.

Tab. 5. Směrodatná odchylka a střední hodnota pro stochastický přístup.

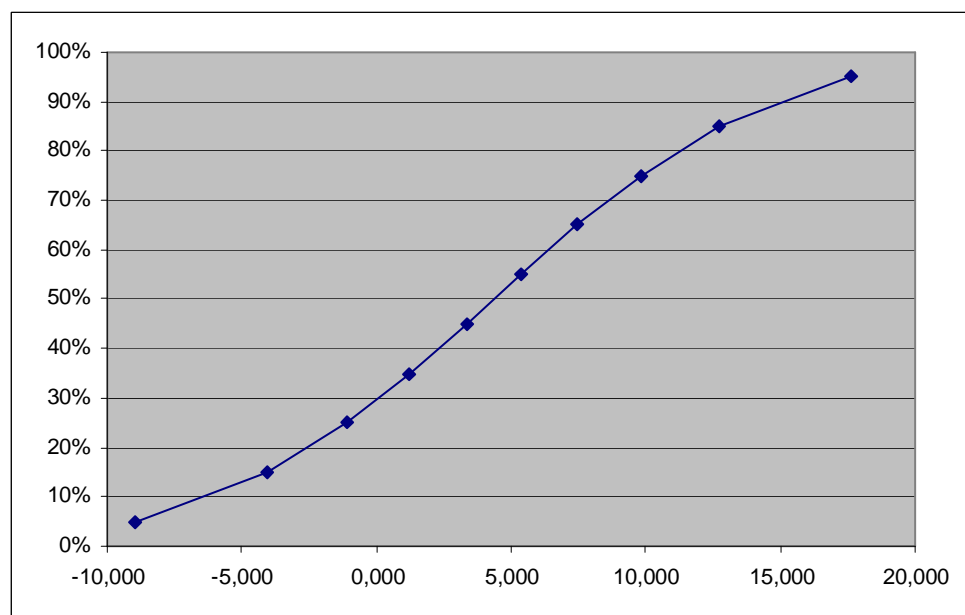
$\delta(NPV)$	$E(NPV)$
8,0912	4,3500

Tab. 6. NPV – stochastický přístup.

NPV	-8,959	-4,036	-1,107	1,232	3,333	5,367	7,468	9,807	12,736	17,659
$\alpha$	5%	15%	25%	35%	45%	55%	65%	75%	85%	95%
f(NPV)	1,275%	2,882%	3,927%	4,578%	4,892%	4,892%	4,578%	3,927%	2,882%	1,275%



Obr. 7. Graf NPV – fuzzy přístup

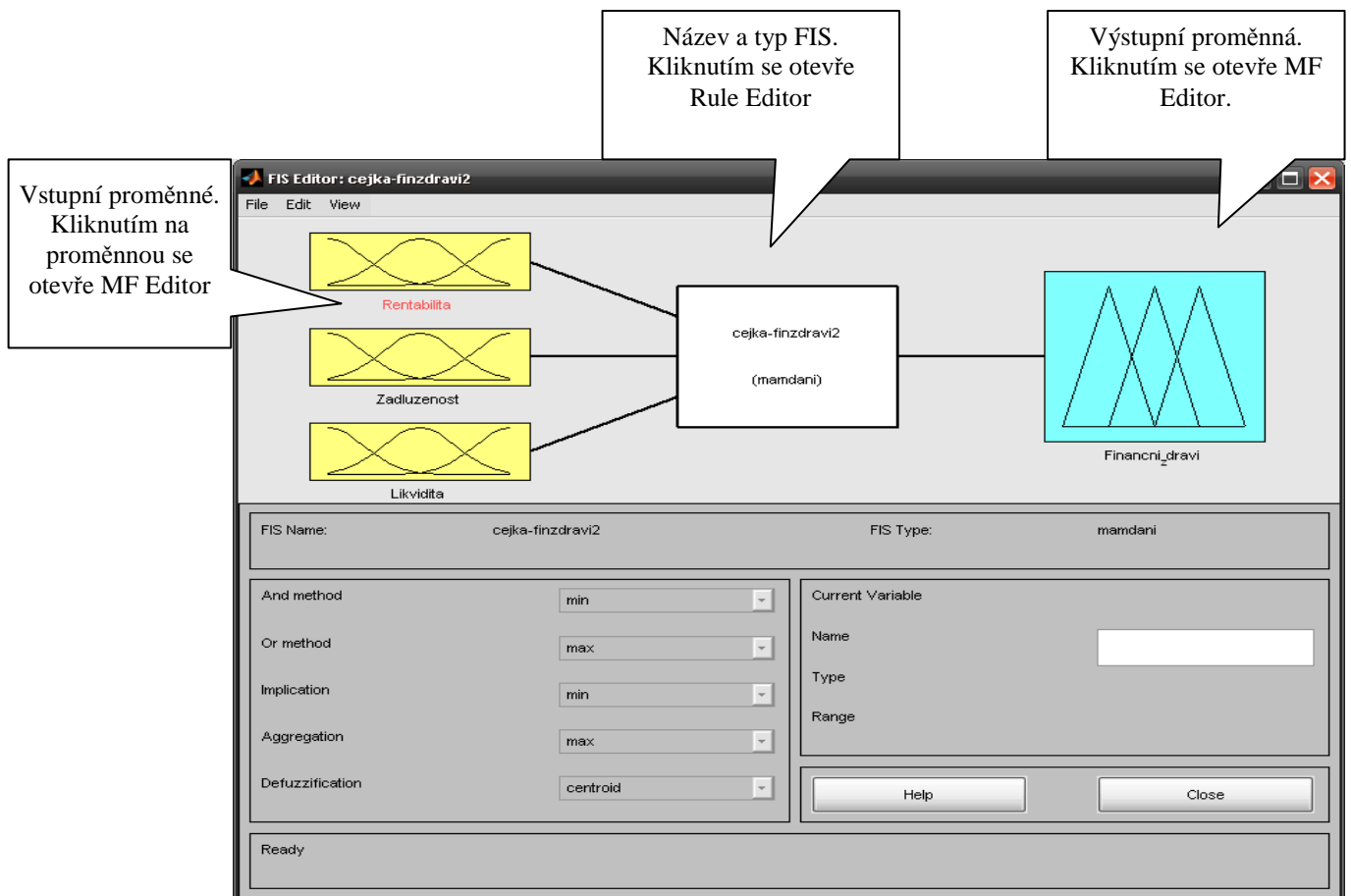


Obr. 8. Graf NPV – Stochastický přístup

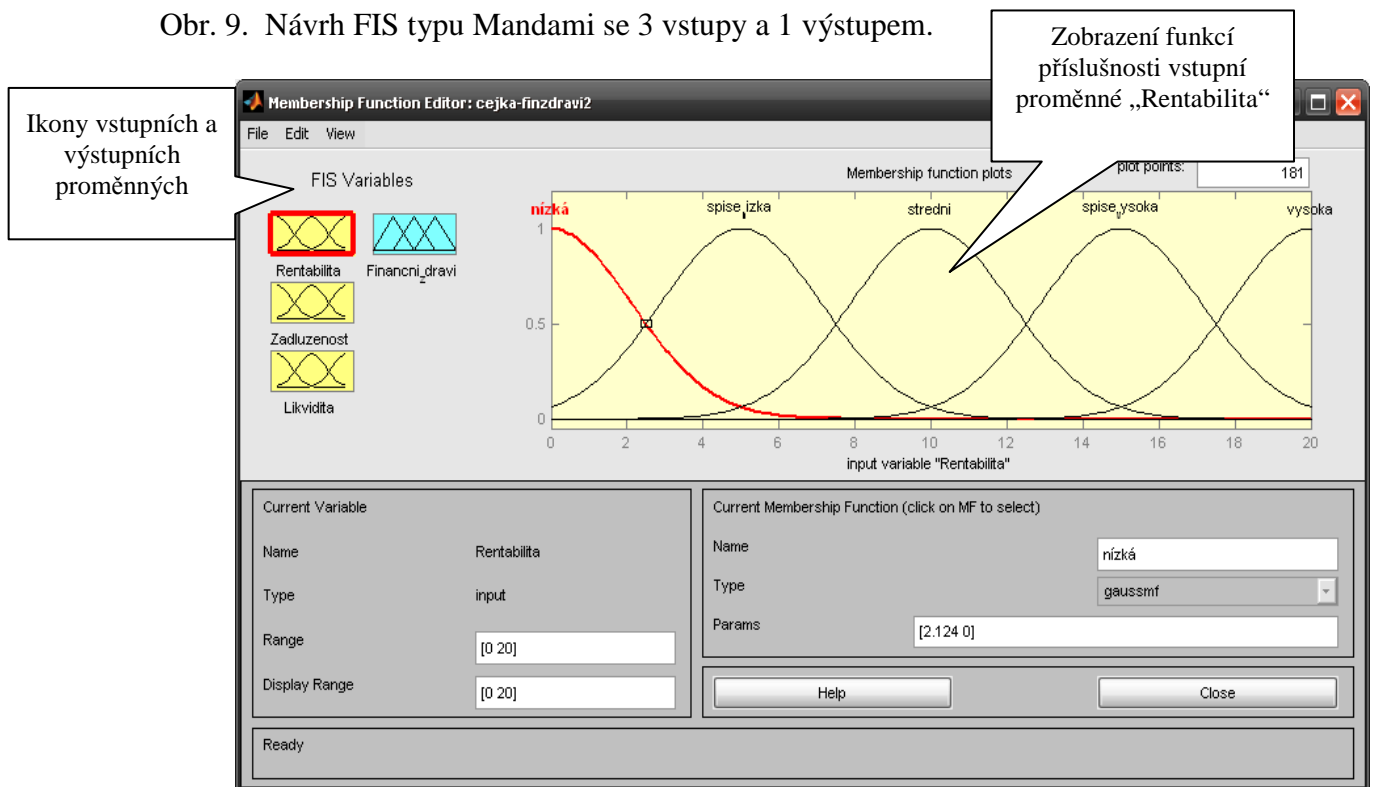
## ***4.2. Návrh fuzzy inferenčního systému pro určení finančního zdraví firmy***

K posouzení finančního zdraví podniku lze využít programové simulační prostředí Fuzzy toolbox pro Matlab k vytvoření návrhu fuzzy inferenčního systému typu Mamdani. Spuštění Fuzzy tool boxu se provede zadáním výrazu fuzzy v příkazovém řádku Matlabu. Fuzzy tool box se skládá ze tří nástrojů pro tvorbu a editaci fuzzy inferenčního systému. Hlavní částí toolboxu je FIS Editor (obr. 9), který umožňuje definovat základní parametry systému, jako je počet vstupních a výstupních proměnných, jejich jména, metoda defuzzifikace a další. Dalším nástrojem je Membership Function Editor pomocí kterého lze definovat počet a tvar jednotlivých funkcí příslušnosti u každé vstupní a výstupní proměnné (obr. 10, obr. 11, obr. 12, obr. 13). V návrhu modelu byly využity Gaussovy funkce příslušnosti a pro každý vstup bylo nadefinováno pět funkcí příslušnosti. Pro zadávání znalostní báze fuzzy systému slouží Rule Editor (obr. 14). Tento editor se používá k tvorbě znalostní báze pomocí IF (fuzzy výrok) THEN (fuzzy výrok) pravidel. Ta je v tomto případě tvořena pěti jazykovými výrazy u každé, vstupní i výstupní jazykové proměnné. Pro spojení jazykových výrazů u tohoto modelu byla využita logická spojka AND. Samotná konstrukce fuzzy inferenčního systému typu Mamdani obsahuje tři vstupy a jeden výstup. Za vstupní proměnné byly zvoleny poměrové ukazatele, které jsou nejčastěji používány při finanční analýze. Jsou to poměrové ukazatele rentability, likvidity a zadluženosti. Výstupním souhrnným ukazatelem je finanční zdraví podniku. Ze shora uvedených údajů vyplývá že bylo možné vytvořit celkem 125 podmíněných pravidel, která byla pro daný model nadefinována.

Pro sledování chování navrženého fuzzy inferenčního systému slouží nástroje Surface Viewer a Rule Viewer. Surface Viewer umožňuje přiřazovat vstupním a výstupním proměnným osy a graficky zobrazuje řídicí plochu, jako funkci těchto proměnných (obr. 15, obr. 16, obr. 17). Rule Viewer umožňuje sledovat chování systému při konkrétních hodnotách vstupních proměnných. V řádcích jsou zobrazena pravidla a ve sloupcích vstupní a výstupní proměnné. Svislá čára ukazuje, jak se na výstupních hodnotách podílejí jednotlivé vstupní hodnoty (obr. 18).

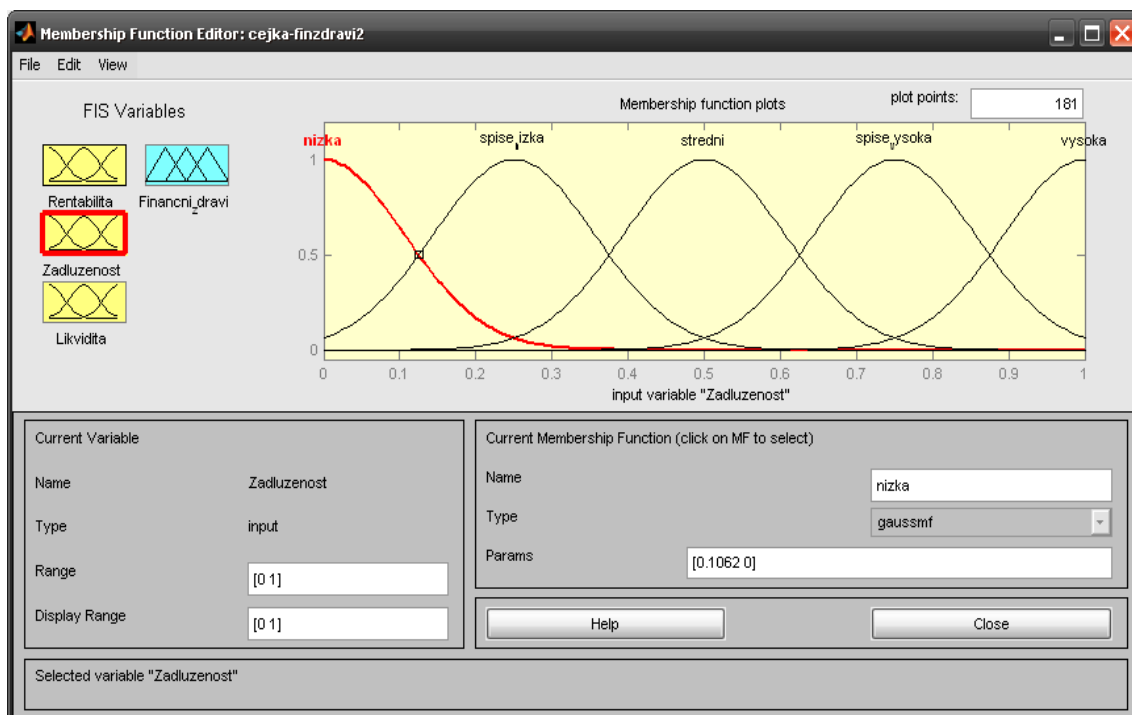


Obr. 9. Návrh FIS typu Mandami se 3 vstupy a 1 výstupem.

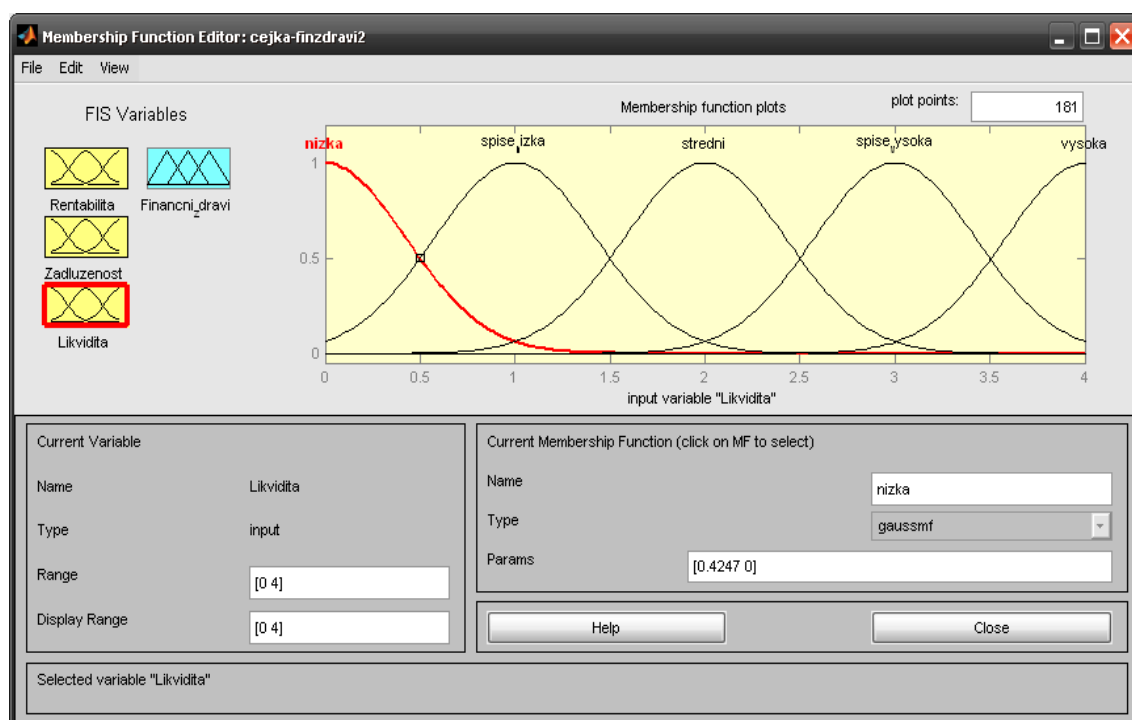


Obr. 10. Funkce příslušnosti vstupní proměnné „Rentabilita“.

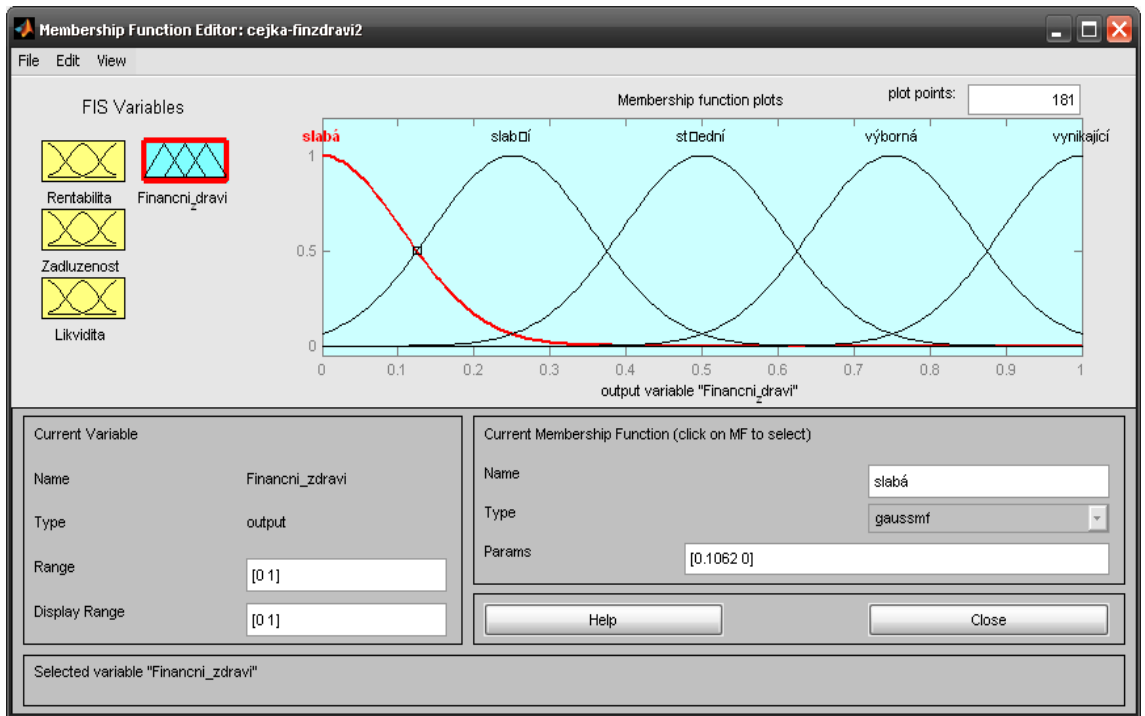




Obr. 11. Funkce příslušnosti vstupní proměnné „Zadluženost“.

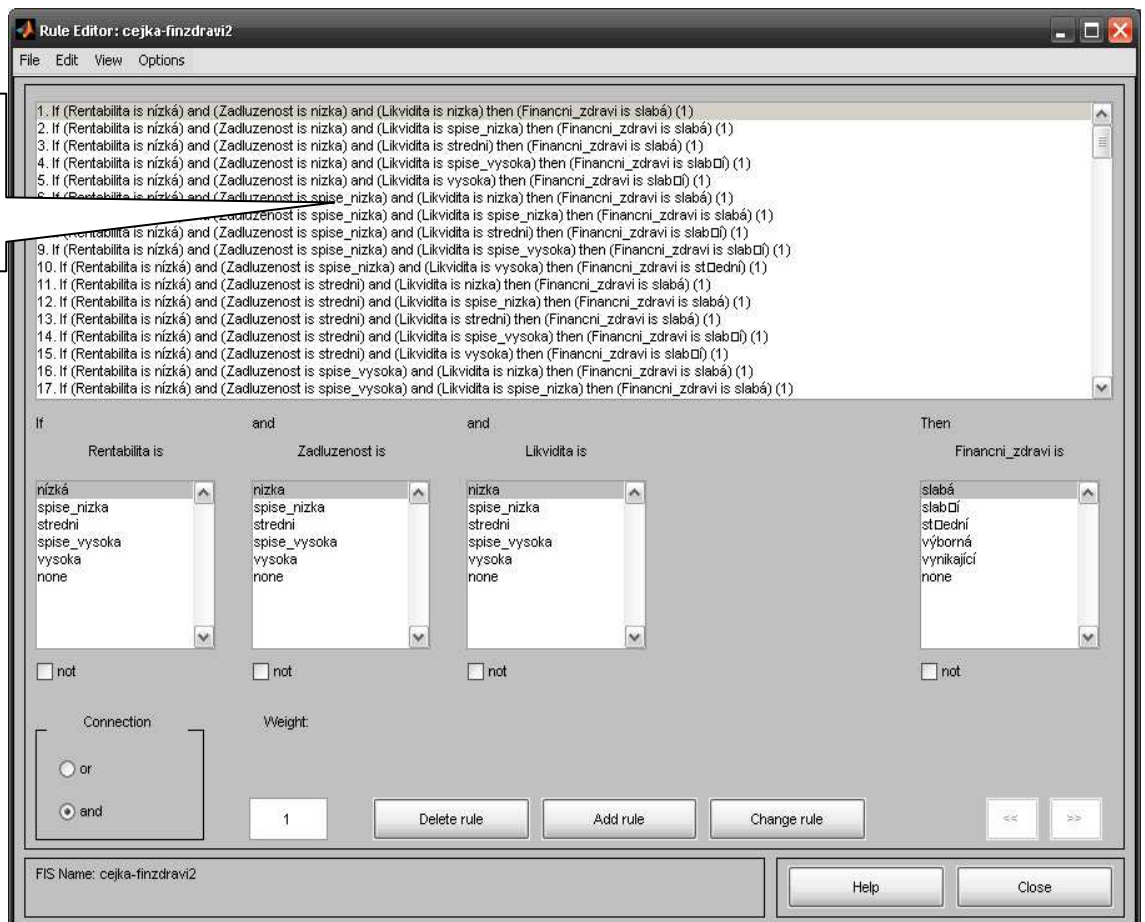


Obr. 12. Funkce příslušnosti vstupní proměnné „Likvidita“.

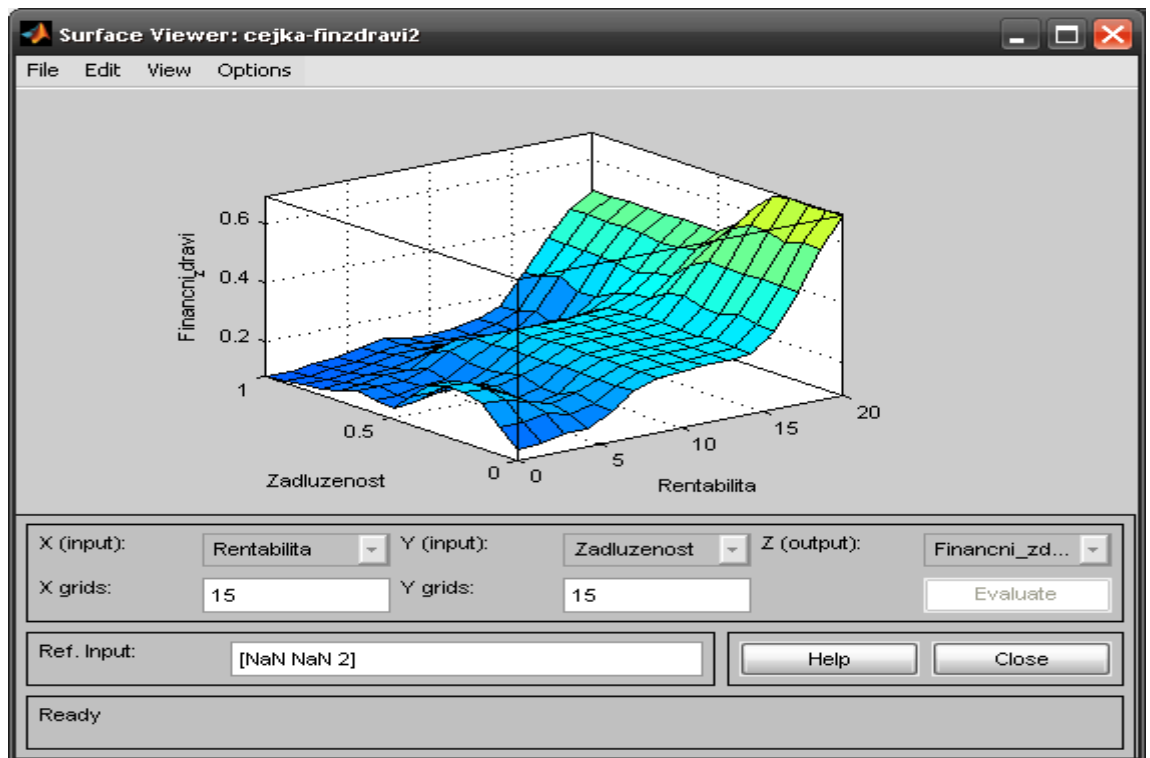


Obr. 13. Funkce příslušnosti výstupní proměnné „Finanční zdraví“.

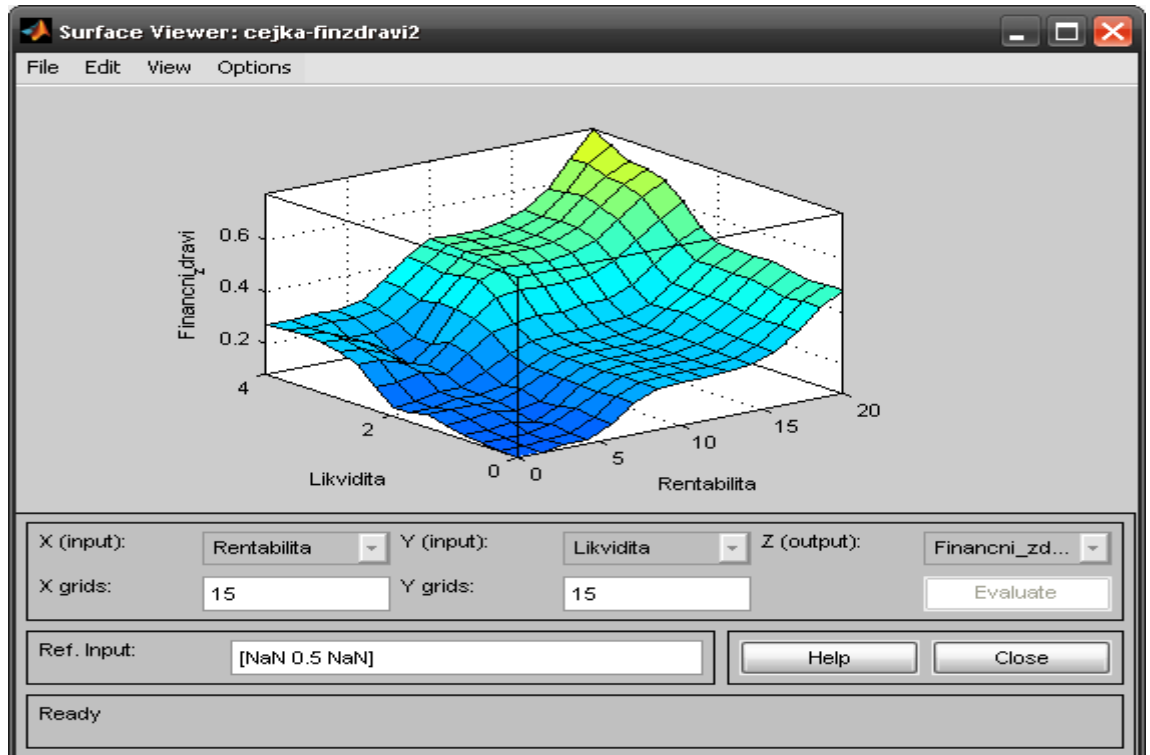
Zobrazení jednotlivých pravidel IF - THEN.



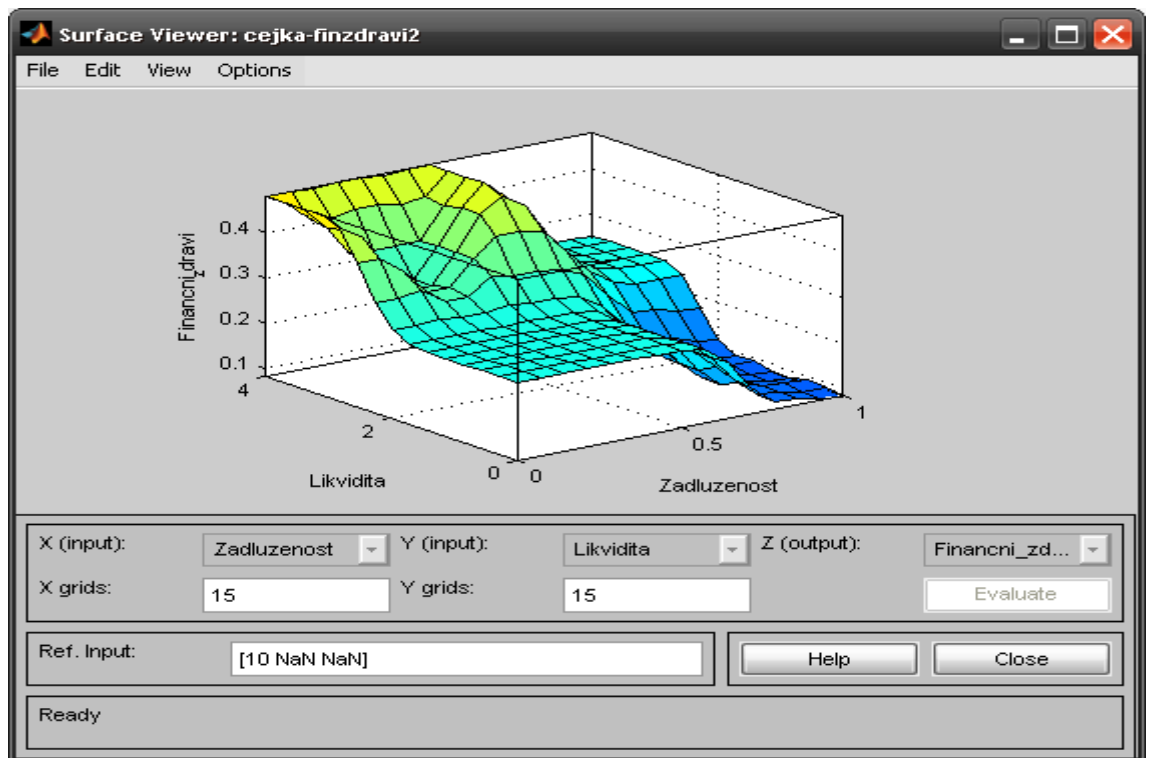
Obr. 14. Ukázka návrhu báze pravidel navrženého fuzzy inferenčního systému Mamdani.



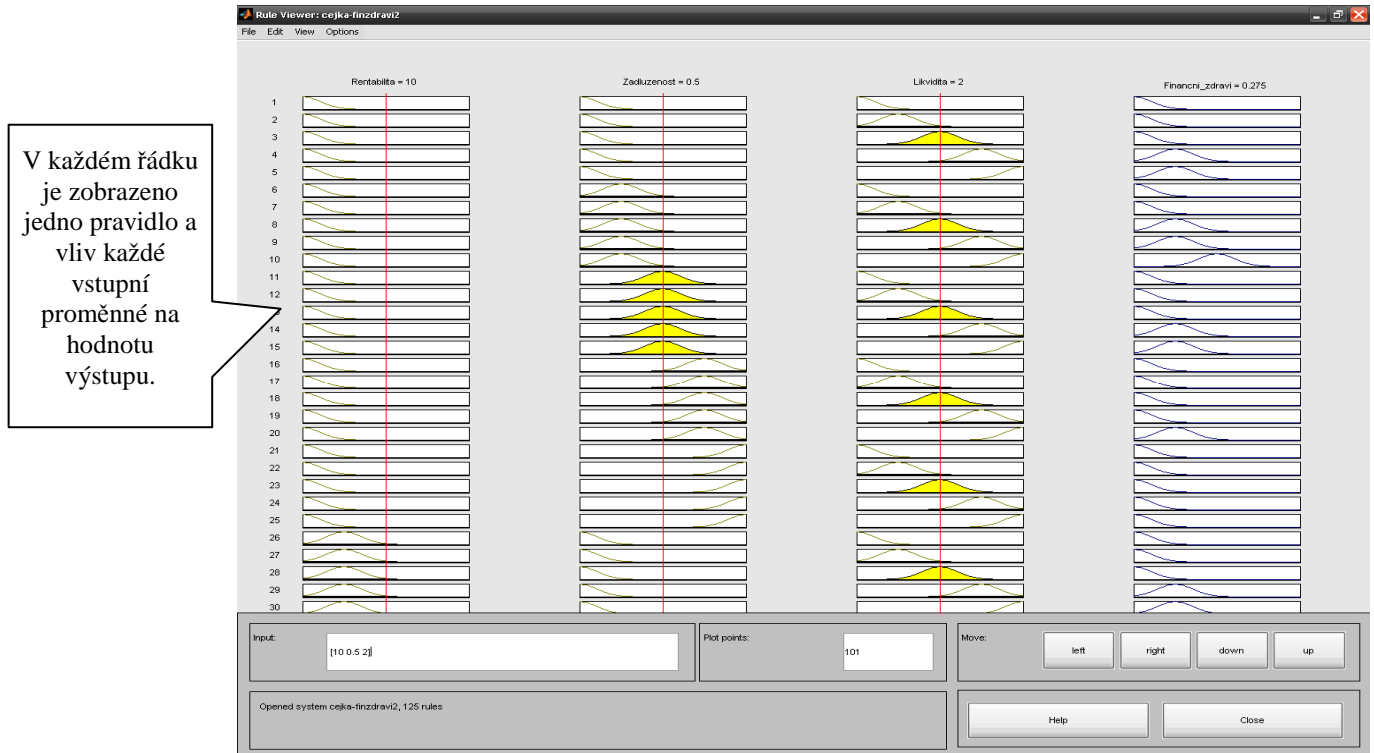
Obr. 15. Grafické zobrazení vztahu mezi vstupními parametry „Rentabilita“ a „Zadluženosti“ a výstupem „Finanční zdraví“.



Obr. 16. Grafické zobrazení vztahu mezi vstupními parametry „Rentabilita“ a „Likvidita“ a výstupem „Finanční zdraví“.



Obr. 17. Grafické zobrazení vztahu mezi vstupními parametry „Zadluženosti“ a „Likvidity“ a výstupem „Finanční zdraví“.



Obr. 18. Chování navrženého fuzzy inferenčního systému při konkrétních hodnotách vstupních proměnných.

Pro posouzení finančního zdraví firmy jsem zadal hodnoty rentability, zadluženosti a likvidity pro pět firem, které jsou v příkladu označeny jako A, B, C, D a E. Vstupní hodnoty proměnných jsou uvedeny v tab. 7, stejně jako rozpětí vstupních proměnných sloužících jako univerza při návrhu fuzzy množin. Výstupem fuzzy inferenčního systému je finanční zdraví podniku definované jako ostrá hodnota. Této ostré hodnotě se dají přiřadit hodnoty výstupních funkcí příslušnosti, které jsou uvedeny v tab. 8.

Tab. 7. Zadání poměrových ukazatelů (vstupních proměnných).

Ukazatel	Rozpětí	A	B	C	D	E
rentabilita	0-20	5	10	15	18	20
zadluženost	0-1	0,8	0,4	0,6	0,3	0,5
likvidita	0-4	1	0,8	0,6	0,8	0,3
finanční zdraví	0-1	0,0961	0,253	0,263	0,41	0,479

Tab. 8. Míry příslušnosti pro hodnoty jazykové proměnné finanční zdraví.

Hodnoty jazykové proměnné finanční zdraví	A	B	C	D	E
slabá	0,664	0,059	0,047	0,000	0,000
slabší	0,350	0,999	0,993	0,322	0,098
střední	0,000	0,067	0,083	0,698	0,981
výborná	0,000	0,000	0,000	0,006	0,039
vynikající	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

### 4.3. Dílčí závěry

V této kapitole jsem navrhl dva modely. První model je určen pro stanovení čisté současné hodnoty projektu za rizika a nejistoty. Tento model má dvě části. V první části je využit tradiční přístup finanční analýzy při výpočtu čisté současné hodnoty za rizika. Druhá část slouží k stanovení čisté současné hodnoty projektu za nejistoty pomocí modelu navrženého na bázi fuzzy logiky.

Druhý model je navržen v programovém simulačním prostředí Fuzzy toolbox pro Matlab, jako fuzzy inferenční systém typu Mamdani. Ten je určen k stanovení základní finanční charakteristiky podniku pomocí souhrnného ukazatele, kterým je finanční zdraví podniku. Vstupními proměnnými jsou poměrové ukazatele rentability, likvidity a zadluženosti, které jsou používány při finanční analýze. Výstupem je finanční zdraví podniku.

Do systému jsem vložil údaje týkající se hodnot poměrových ukazatelů u pěti imaginárních podniků. Na výstupu je pomocí míry příslušnosti charakterizováno finanční zdraví podniku. Současně je graficky zobrazen vliv hodnot vstupních proměnných na hodnotu proměnné výstupní.

## 5. Závěr

Finanční rozhodování je jednou z hlavních činností při řízení podniku. Je souhrnem ekonomických činností, které směřují k dosahování finančních cílů podniku. Finanční rozhodování se dělí na krátkodobé a dlouhodobé, přesto však krátkodobé finanční rozhodování ovlivňuje do značné míry dlouhodobé a naopak. Krátkodobé i dlouhodobé finanční rozhodování je ovlivněno určitou mírou rizika, které je způsobeno změnami v interním a externím ekonomickém prostředí. Z uvedeného je patrné, že větší ohrožení rizikem je u dlouhodobého finančního rozhodování. Jedním z nejčastějších forem dlouhodobého finančního rozhodování je rozhodování o investicích, které ovlivňují činnost podniku po několik let. Pro posouzení efektivnosti podnikových investic existují metody, které se dělí na statické a dynamické. Významnější jsou dynamické, které přihlížejí k faktoru času a rizika. Nejvýznamnější dynamickou metodou je metoda čisté současné hodnoty, která vyjadřuje rozdíl mezi aktualizovanou hodnotou peněžních příjmů z investice a aktualizovanou hodnotou kapitálových výdajů na investici. Zdroje k financování investic lze rozdělit na interní a externí. Ze stanovení poměru těchto zdrojů při financování investice vychází finanční analýza. Prostředkem finanční analýzy jsou poměrové ukazatele rentability, zadluženosti, likvidity. Využitím kombinací těchto ukazatelů jsou sestavovány modely, které se člení na bonitní a bankrotní. Bonitní modely vyjadřují dosaženou finanční situaci podniku, kdežto bankrotní modely pomáhají předvídat a identifikovat budoucí ohrožení finančního zdraví firmy.

Matematická disciplína, která umožňuje zahrnout do výpočtů nepřesnost nebo neurčitost a pracovat s výrazy přirozeného jazyka se nazývá fuzzy logika. Umožňuje v procesu rozhodování využít znalostí a zkušeností člověka ve formě definovaných pravidel. Základním postupem je transformace jazykových prvků do kvantifikované stupnice a vytvoření fuzzy množin. Náležení nebo nenáležení prvků do fuzzy množiny je provedeno na základě určité míry příslušnosti pomocí funkce příslušnosti. Základním prvkem přibližného usuzování je jazyková proměnná, která reprezentuje znalost a její hodnoty jsou vyjádřeny slovy přirozeného jazyka. S tím úzce souvisí pojem fuzzy výrok. Fuzzy výrok typu IF-THEN se nazývá podmíněné pravidlo. Tento fuzzy výrok může být pomocí logických spojek tvořen z několika atomických výroků. Fuzzy výroky jsou vstupními hodnotami pro fuzzy inferenční systémy, které je zpracují a na výstupu vydají ostré hodnoty. Tyto ostré hodnoty vypovídají o příslušnosti k příslušné fuzzy množině.

V závěru práce jsem navrhl dva modely sloužící k finanční charakteristice. První model je určen pro stanovení čisté současné hodnoty projektu za rizika a nejistoty. Tento model je založen, jak na tradičních postupech (tj. stochastickém-pravděpodobnostním přístupu), tak i na postupech založených na bázi fuzzy logiky. Umožňuje uživateli modelovat změny neurčitých vstupních parametrů (úrokových sazeb, Cash Flow, atd.), při zachování srozumitelnosti jeho vstupů a výstupů.

Druhý model je navržen jako fuzzy inferenční systém typu Mamdani a realizován v programovém simulačním prostředí Fuzzy toolbox pro Matlab. Vstupními proměnnými jsou poměrové ukazatele rentability, likvidity a zadluženosti. Výstupní proměnnou je souhrnný ukazatel finanční zdraví podniku, který umožňuje stanovit finanční charakteristiku podniku. Vytvořil jsem znalostní bázi pomocí IF (fuzzy výrok) THEN (fuzzy výrok) pravidel, jejichž atomické fuzzy výroky jsou navzájem spojeny pomocí logické spojky AND. Každá vstupní i výstupní jazyková proměnná je charakterizována pěti jazykovými výrazy. Celkem tak báze obsahuje 125 pravidel. Systém umožňuje modelovat vliv změn hodnot jednotlivých vstupních proměnných na výstupní proměnnou a současně tento vliv graficky zobrazit. Po navržení fuzzy inferenčního systému a vytvoření báze pravidel umožňuje tento model reagovat na změny vstupních hodnot, tj. na nové údaje o finanční výkonnosti podniku, a tak sledovat vývoj finanční výkonnosti v čase a také její porovnání s dalšími podniky v oboru. Výhodou tohoto modelu je oproti tradičním bonitním a bankrotním modelům jeho srozumitelnost, možnost úpravy parametrů modelu (funkce příslušnosti, bázi podmíněných pravidel, atd.) v závislosti na hodnotách vybraných ukazatelů finanční analýzy v daném oboru. Navržením a analýzou uvedených modelů považuji cíle práce za splněné.



Literatura:

- [1] KISLINGEROVÁ, Eva. Manažerské finance. Praha: C.H. Beck, 2004. 714 s. ISBN 80-7179-802-9
- [2] NOVÁK, Vilém. Základy fuzzy modelování. Praha: BEN - Technická literatura, 2000. 175 s. ISBN 80-7300-009-1
- [3] OLEJ V., KŘUPKA J. *Analysis of Decision Processes of Automation Control Systems with Uncertainty*. Košice : University Press Elfa, 1996.
- [4] OLEJ, Vladimír. Modelovanie ekonomických procesov na bázi výpočtovej inteligencie. Hradec Králové: Miloš Vognar - M&V, 2003. 159 s. ISBN 80-90324-9-1
- [5] SEDLÁČEK, Jaroslav. Účetní data v rukou manažera. Brno: Computer Press, 1999. 195 s. ISBN 80-7226-140-1
- [6] SYNEK Miloslav. Manažerská ekonomika. Praha: Grada, 1996. 456 s. ISBN 80-7169-211-5
- [7] TALAŠOVÁ, Jana. Fuzzy metody víckriteriálního hodnocení a rozhodování. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 2003. 179s. ISBN 80-244-0614-4
- [8] VALACH, Josef. Finanční řízení podniku. Praha: Ekopress, 1997. 247 s. ISBN 80-901991-6-X
- [9] ZMEŠKAL, Zdeněk. Finanční modely. Praha: Ekopress, 2004. 236 s. ISBN 80-86119-87-4