

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA MATEMATICKÉ ANALÝZY A APLIKACÍ MATEMATIKY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Využití fuzzy regulátorů pro doporučování
investičních strategií



Vedoucí bakalářské práce:
Mgr. Eva Bohanesová, Ph.D.
Rok odevzdání: 2014

Vypracovala:
Bc. Veronika Ellnerová
AME, 2. ročník

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Evy Bohanesové PhD. a všechny použité zdroje jsem uvedla.

V Olomouci dne

Poděkování

Děkuji své vedoucí diplomové práce Mgr. Evě Bohanesové, Ph.D. za poskytnuté cenné rady, věcné připomínky a trpělivý pedagogický dohled.

Obsah

Úvod	5
1 Základní pojmy teorie fuzzy množin	6
1.1 Fuzzy množiny	6
1.2 Operace s fuzzy množinami	9
1.3 Věta o reprezentaci, princip rozšíření	10
1.4 Fuzzy relace	11
1.5 Fuzzy čísla	12
2 Fuzzy regulátor	13
2.1 Historie, cyklus a schéma fuzzy regulátoru	13
2.1.1 Historie fuzzy regulátoru	13
2.1.2 Cyklus a schéma fuzzy regulátoru	14
2.2 Jazyková proměnná, jazyková škála	14
2.3 Jazyková aproximace	16
2.4 Jazykově definovaná funkce - báze fuzzy pravidel	17
2.5 Přibližná dedukce	18
2.5.1 Mamdaniho inferenční mechanismus	18
2.5.2 Zobecněný Sugenuv inferenční mechanismus	21
2.6 Defuzzifikace	21
3 Investiční nástroje v současnosti	23
3.1 Spořicí účty	24
3.2 Termínované vklady	25
3.3 Stavební spoření	25
3.4 Dluhopisy	26
3.5 Akcie	29
3.6 Podílové fondy	31
3.7 Finanční deriváty	34
3.7.1 Forwardy	35
3.7.2 Futures	36
3.7.3 Swapy	37
3.7.4 Warranty	38
3.7.5 Opce	38
3.8 Komoditní trhy	39
4 Praktická část	41
4.1 Původní fuzzy regulátor	41
4.2 Rozdělení fuzzy regulátorů	42
4.2.1 Fuzzy regulátor s investičním horizontem a propadem hodnoty investice	42
4.2.2 Fuzzy regulátor se zkušenostmi a znalostmi investora	47
4.3 Ukázkové příklady	50
Závěr	53
Přílohy	54
Příloha A: Dotazník na zjištění vstupů do fuzzy regulátoru	54
Seznam obrázků	58
Seznam tabulek	58

Úvod

Cílem této práce je vytvořit fuzzy regulátor pro doporučování investičních strategií. Teorie fuzzy množin je relativně mladá věda. Hodně lidí si pod slovem „fuzzy“ nedokáže nic představit. Proto se chci touto problematikou zabývat a ukázat, že se nejedná pouze o teorii, ale že je fuzzy regulace použitelná v praxi. Fuzzy regulátory se používají např. v průmyslu, u spotřebního zboží jako fotoaparáty a automatické pračky, ve zdravotnictví na JIP a také v bankovníctví k posuzování bonity klienta. Jedná se o zajímavou problematiku díky tomu, že pracuje s přirozeným jazykem, který je součástí běžného života. Navíc lze pracovat s nepřesností, která je pro lidské myšlení přirozená.

K vytvoření fuzzy regulátoru stačí přibližná představa chování procesu. Není nutná znalost přesného matematického popisu.

Tento fuzzy regulátor by mohl usnadnit lidem rozhodování, jak mohou své úspory optimálně zhodnocovat. Bohužel finanční gramotnost lidí v České republice není dostačující. Proto hodně lidí netuší, jak nakládat se svými úsporami.

První část diplomové práce bude teoretická. V první kapitole se budu zabývat základními pojmy teorie fuzzy množin, které pak využiji v další, teoretické kapitole o fuzzy regulátoru. Také zde uvedu charakteristiky bankovních produktů a cenných papírů obchodovatelných na kapitálových trzích, které mohou sloužit jako investice. Druhá část diplomové práce bude aplikační, kdy nastudované poznatky použiji k tvorbě zmíněného fuzzy regulátoru.

1 Základní pojmy teorie fuzzy množin

V této kapitole vysvětlím pojmy z teorie fuzzy množin a uvedu operace, které následně využiji při řešení vlastního problému. Definice a věty v této kapitole jsou převzaty z literatury [5], [6], [7].

1.1 Fuzzy množiny

Za jejich zakladatele je považován Lotfi Zadeh, který fuzzy množiny poprvé pojmenoval ve svém článku Fuzzy Sets z roku 1965. Překlad slova „fuzzy“ z angličtiny znamená rozmazaný, neostrý, nejasný. Fuzzy množiny pracují s neurčitostí ve smyslu vágnosti. Na rozdíl od teorie pravděpodobnosti se však nejedná o neurčitost ve smyslu nejistoty výskytu jevu, nýbrž vágnost. O určitém prvku na základě zkušenosti nebo jen subjektivního pocitu (ne na základě náhody) rozhodujeme, zda danou vlastnost má nebo nemá. Matematicky řečeno, fuzzy množiny mají svou hranici rozmazanou. Na rozdíl od klasických množin, které mají ostrou hranici. Prvek buď danou vlastnost stoprocentně má nebo ji nemá vůbec. Fuzzy množiny lze považovat za obecnější případ ostrých množin. Klasickou množinu A na neprázdném univerzu U lze popsat charakteristickou funkcí, která nabývá pouze dvou hodnot 0 a 1.

Definice 1. Charakteristická funkce $\chi_A : U \rightarrow \{0, 1\}$ množiny A je definována vztahem

$$\chi_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{jestliže } x \in A, \\ 0 & \text{jinak.} \end{cases} \quad (1)$$

Fuzzy množinu A definovanou na neprázdném univerzu U lze popsat zobecněnou charakteristickou funkcí neboli funkcí příslušnosti, která nabývá hodnot z intervalu $\langle 0, 1 \rangle$.

Definice 2. Nechť je dáno univerzum U . Pak fuzzy množina A na univerzu U je definována zobrazením

$$\mu_A : U \rightarrow \langle 0, 1 \rangle. \quad (2)$$

Funkci μ_A nazýváme funkcí příslušnosti fuzzy množiny A . Pro každé $x \in U$ nazveme hodnotu $\mu_A(x)$ stupněm příslušnosti prvku x k fuzzy množině A .

Poznámka 1. Z důvodu zjednodušení budu v této práci používat označení $A(\cdot)$ místo $\mu_A(x)$.

Poznámka 2. Fuzzy množinu A na univerzu U můžeme označit také zápisem $A \in \mathcal{F}(U)$, kde $\mathcal{F}(U)$ je systém všech fuzzy množin definovaných na univerzu U .

K popisu fuzzy množiny A slouží čtyři základní charakteristiky. Jedná se o jádro, nosič, α -řez a výšku fuzzy množiny.

Definice 3. Jádrem fuzzy množiny A na univerzu U rozumíme (ostrou) množinu

$$Ker A = \{x \in U | A(x) = 1\}. \quad (3)$$

Definice 4. Nosičem fuzzy množiny A na univerzu U nazýváme (ostrou) množinu

$$Supp A = \{x \in U | A(x) > 0\}. \quad (4)$$

Definice 5. Nechť je dána fuzzy množina A na univerzu U a reálné číslo $\alpha \in \langle 0, 1 \rangle$. Pak α -řezem fuzzy množiny A nazýváme (ostrou) množinu

$$A_\alpha = \{x \in U | A(x) \geq \alpha\} \quad (5)$$

Poznámka 3. Z definic 3–5 vyplývá, že do jádra fuzzy množiny A a α -řezu pro α z intervalu $\langle 0, 1 \rangle$ patří i krajní body intervalu, kdežto do nosiče nepatří.

Definice 6. Výška $hgt(A)$ fuzzy množiny A na univerzu U je definována formulí

$$hgt(A) = \sup_{x \in U} A(x). \quad (6)$$

Definice 7. Fuzzy množina A na univerzu U se nazývá normální, jestliže

$$Ker A \neq \emptyset. \quad (7)$$

V opačném případě se nazývá subnormální.

Poznámka 4. Z předchozí definice vyplývá, že musí existovat aspoň jeden prvek fuzzy množiny A se stupněm příslušnosti rovným jedné, jedná-li se o normální fuzzy množinu. Tím pádem je $hgt(A) = 1$.

Poznámka 5. Pokud je nosič fuzzy množiny A konečný, $Supp A = \{x_1, \dots, x_n\}$, mohu fuzzy množinu A zapsat takto:

$$A = \{A(x_1)/x_1, \dots, A(x_n)/x_n\}, \quad (8)$$

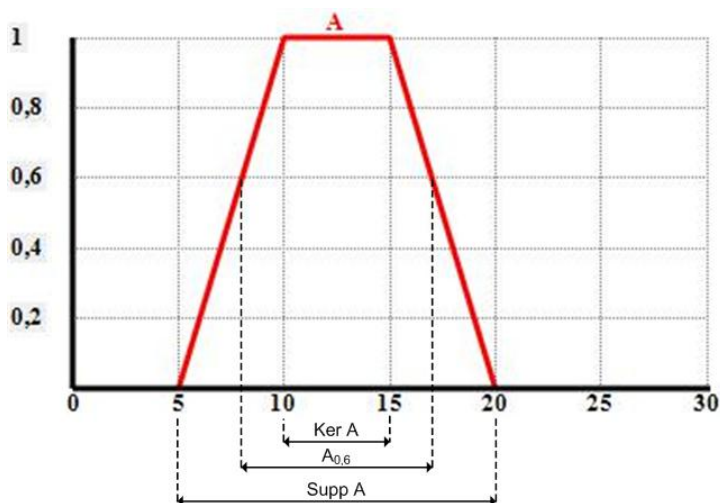
kde $x_1, \dots, x_n \in U$ jsou prvky, kterým jsou přiřazeny stupně příslušnosti $A(x_1), \dots, A(x_n) \in (0, 1)$. Prvky s nulovým stupněm příslušnosti tu nejsou zahrnuty.

Poznámka 6. Pokud nosič fuzzy množiny A není konečný, tak stupně příslušnosti lineární fuzzy množiny mohou popsat lineárními funkcemi, které závisí na parametrech x_1, x_2, x_3, x_4 takto:

$$A(x) = \begin{cases} 0 & \text{pro } x < x_1, \\ \frac{x-x_1}{x_2-x_1} & \text{pro } x_1 \leq x < x_2, \\ 1 & \text{pro } x_2 \leq x < x_3, \\ \frac{x_4-x}{x_4-x_3} & \text{pro } x_3 \leq x < x_4, \\ 0 & \text{pro } x_4 < x. \end{cases} \quad (9)$$

Je-li nosičem množina reálných čísel \mathbb{R} , představuje taková fuzzy množina fuzzy číslo - viz podkapitola 1.5. Pro ilustraci a lepší pochopení předvedu zápis fuzzy množiny a její charakteristické funkce na příkladu.

Příklad 1. Pomocí fuzzy množin lze popsat každodenní situace (např. hezké počasí, červené šaty, dobré jídlo ...). Mám fuzzy množinu A představující pojem „malé zpoždění“. Nechť je definovaná na univerzu, uzavřeném intervalu $\langle 0, 30 \rangle$. Úkolem u této množiny znázorněné na obr. 1 je zapsat ji pomocí funkce a určit nosič, jádro, α -řez a výšku.



Obr. 1: Fuzzy množina „malé zpoždění“

Z obrázku je zřejmé, že význačné body lineární fuzzy množiny jsou $x_1 = 5$, $x_2 = 10$, $x_3 = 15$, $x_4 = 20$. Fuzzy množinu tak mohu popsat takto:

$$A(x) = \begin{cases} 0 & \text{pro } x < 5, \\ \frac{x-5}{10-5} = \frac{1}{5}x - 1 & \text{pro } 5 \leq x < 10, \\ 1 & \text{pro } 10 \leq x < 15, \\ \frac{20-x}{20-15} = -\frac{1}{5}x + 4 & \text{pro } 15 \leq x < 20, \\ 0 & \text{pro } 20 < x. \end{cases}$$

Z obrázku je také patrné $\text{Supp } A = (5, 20)$, $\text{Ker } A = \langle 10, 15 \rangle$, $\text{hgt } A = 1$.

Pro výpočet krajních hodnot α -řezu pro $\alpha = 0,6$ využiji zápis fuzzy množiny, resp. funkce popisující levou a pravou stranu fuzzy množiny. A to tak, že je položím rovny 0,6. Nejprve vypočítám levou mez α -řezu vztahem

$$0,6 = \frac{1}{5}x - 1 \Rightarrow x = 8.$$

Následně vypočítám pravou mez α -řezu vztahem

$$0,6 = -\frac{1}{5}x + 4 \Rightarrow x = 17.$$

α -řez je tedy uzavřený interval $A_{0,6} = \langle 8, 17 \rangle$.

1.2 Operace s fuzzy množinami

Jedná se o zobecněné operace s ostrými množinami. Význačné místo tu mají t -normy a k nim duální t -konormy.

Definice 8. Binární operaci $T : \langle 0, 1 \rangle^2 \rightarrow \langle 0, 1 \rangle$ nazýváme t -normou, splňuje-li pro všechna $\alpha, \beta, \gamma \in \langle 0, 1 \rangle$ následující vlastnosti:

1. komutativita

$$\alpha T \beta = \beta T \alpha, \quad (10)$$

2. asociativita

$$\alpha T (\beta T \gamma) = (\alpha T \beta) T \gamma, \quad (11)$$

3. monotonie

$$\alpha \leq \beta \Rightarrow (\alpha T \gamma \leq \beta T \gamma), \quad (12)$$

4. ohraničenost

$$1 T \alpha = \alpha. \quad (13)$$

Definice 9. Binární operaci $S : \langle 0, 1 \rangle^2 \rightarrow \langle 0, 1 \rangle$ nazýváme t -konormou, splňuje-li podmínky 1, 2, 3 z definice 8 a dále pak pro všechna $\alpha \in \langle 0, 1 \rangle$ následující podmínku ohraničenosti

$$0 S \alpha = \alpha. \quad (14)$$

Řekneme, že t -konorma S je duální k dané t -normě T , jestliže pro všechna $\alpha, \beta \in \langle 0, 1 \rangle$ platí

$$\alpha S \beta = 1 - [(1 - \alpha) T (1 - \beta)]. \quad (15)$$

Poznámka 7. Mezi nejznámější operace splňující vlastnosti t -normy patří minimum, součin a Lukasiewiczova konjunkce. Do t -konormy spadají k nim duální operace maximum, pravděpodobnostní součet a Lukasiewiczova disjunkce.

Definice 10. Průnikem fuzzy množin A a B , které jsou definovány na téže univerzu U , rozumíme fuzzy množinu $A \cap B$ na U s funkcí příslušnosti

$$(A \cap B)(x) = \min\{A(x), B(x)\} \quad \text{pro všechna } x \in U. \quad (16)$$

Poznámka 8. Díky stejným vlastnostem lze nahradit operaci minimum Lukasiewiczovou konjunkcí, pomocí níž je modelován „odvážný průnik“ jako fuzzy množina $A \cap_L B$ s funkcí příslušnosti

$$(A \cap_L B)(x) = \max\{0, (A(x) + B(x) - 1)\} \quad \text{pro všechna } x \in U. \quad (17)$$

Definice 11. Sjednocení fuzzy množin A a B na univerzu U je definováno jako fuzzy množina $A \cup B$ na U s funkcí příslušnosti

$$(A \cup B)(x) = \max\{A(x), B(x)\} \quad \text{pro všechna } x \in U. \quad (18)$$

Poznámka 9. I tady je možné maximum nahradit jinou t -konormou např. Lukasiewiczovou disjunkcí. Potom dostaneme operaci zvanou „odvážné sjednocení“, které je definované jako fuzzy množina $A \cup_L B$ s funkcí příslušnosti

$$(A \cup_L B)(x) = \min\{1, (A(x) + B(x))\} \quad \text{pro všechna } x \in U. \quad (19)$$

Definice 12. Doplněk fuzzy množiny A vzhledem k univerzu U je definován jako fuzzy množina \bar{A} na U , jejíž funkce příslušnosti je dána formulí

$$\bar{A}(x) = 1 - A(x) \quad \text{pro všechna } x \in U. \quad (20)$$

1.3 Věta o reprezentaci, princip rozšíření

V této kapitole budou uvedeny principy, kterých se využívá při aritmetických operacích s fuzzy množinami.

Věta 1. (*O reprezentaci*) *Necht je dána fuzzy množina A na univerzu U . Pak pro každé $x \in U$ platí*

$$A(x) = \sup\{\alpha \in \langle 0, 1 \rangle \mid x \in A_\alpha\}. \quad (21)$$

Věta říká, že fuzzy množina je jednoznačně určena svým systémem α -řezů. Používá se pro operace s fuzzy čísly, uspořádání fuzzy čísel, důkazy.

Věta 2. (*Princip rozšíření*) *Fuzzifikací zobrazení $f : U \rightarrow V$ rozumíme zobrazení*

$$f_F : \mathcal{F}(U) \rightarrow \mathcal{F}(V), \quad (22)$$

které každé fuzzy množině $A \in \mathcal{F}(U)$ přiřazuje fuzzy množinu $f_F(A) \in \mathcal{F}(V)$ s funkcí příslušnosti definovanou pro každé $y \in V$ vztahem

$$f_F(A)(y) = \begin{cases} \sup\{A(x) \mid f(x) = y, x \in U\}, \\ 0, \text{ neexistuje-li žádné } x \in U \text{ takové, že } f(x) = y. \end{cases} \quad (23)$$

Tato věta se používá k fuzzifikaci funkcí ve smyslu dosazování fuzzy čísel do reálné funkce. Jedná se o dosazení fuzzy čísla do reálné funkce.

1.4 Fuzzy relace

Fuzzy relace slouží k popisu neurčitého vztahu mezi prvky jednoho nebo více univerz.

Definice 13. Necht' $U = U_1 \times U_2 \times \dots \times U_n$. Pak n -ární fuzzy relací rozumíme libovolnou fuzzy množinu R definovanou na tomto univerzu U .

Speciálním případem fuzzy relace je kartézský součin fuzzy množin.

Definice 14. Kartézským součinem fuzzy množin A_i definovaných na univerzech U_i , $i = 1, 2, \dots, n$, rozumíme fuzzy množinu $A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n$ na $U_1 \times U_2 \times \dots \times U_n$ s funkcí příslušnosti definovanou pro všechna $(x_1, x_2, \dots, x_n) \in U_1 \times U_2 \times \dots \times U_n$ vztahem

$$(A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n)(x_1, x_2, \dots, x_n) = \min\{A_1(x_1), A_2(x_2), \dots, A_n(x_n)\}. \quad (24)$$

Je-li $n = 2$, pak se jedná o binární fuzzy relaci. Skládání fuzzy relací neboli kompozici budu definovat pro binární relace.

Definice 15. Necht' je dána binární fuzzy relace P na kartézském součinu univerz $U \times V$ a binární fuzzy relace Q na kartézském součinu $V \times W$. (Silnou) kompozici těchto fuzzy relací nazýváme fuzzy relaci $P \circ Q$ na $U \times W$, jejíž funkce příslušnosti je definována pro všechna $(x, z) \in U \times W$ vztahem

$$(P \circ Q)(x, z) = \sup_{y \in V} \{\min\{P(x, y), Q(y, z)\}\}. \quad (25)$$

Definici 15 lze zobecnit pro n -ární relaci.

Definice 16. Necht' R je fuzzy relace na $U_1 \times \dots \times U_n$ a $1 \leq i_1 < \dots < i_j \leq n$. Projekce fuzzy relace R na $U_{i_1} \times \dots \times U_{i_j}$ je fuzzy množina $Proj(R, U_{i_1} \times \dots \times U_{i_j})$, jejíž funkce příslušnosti je pro každé $(x_{i_1}, \dots, x_{i_j}) \in (U_{i_1} \times \dots \times U_{i_j})$ dána vztahem

$$Proj(R, U_{i_1} \times \dots \times U_{i_j})(x_{i_1}, \dots, x_{i_j}) = \sup_{k=1, \dots, j, (y_1, \dots, y_n) \in U_1 \times \dots \times U_n} \{R(y_1, \dots, y_n) \mid y_{i_k} = x_{i_k}\}. \quad (26)$$

Definice 17. Necht' $1 \leq i_1 < \dots < i_j \leq n$ a $R \in \mathcal{F}(U_{i_1} \times \dots \times U_{i_j})$. Cylindrickým rozšířením R na $U_1 \times \dots \times U_n$ je fuzzy relace $Cyl(R, U_1 \times \dots \times U_n) \in \mathcal{F}(U_1 \times \dots \times U_n)$, jejíž funkce příslušnosti je pro každé $(x_1, \dots, x_n) \in (U_1 \times \dots \times U_n)$ dána vztahem

$$Cyl(R, U_1 \times \dots \times U_n)(x_1, \dots, x_n) = R(x_{i_1}, \dots, x_{i_j}). \quad (27)$$

1.5 Fuzzy čísla

Fuzzy čísla jsou speciálním případem fuzzy množin definovaných na množině reálných čísel. Slouží k vyjádření nepřesných hodnot.

Definice 18. Fuzzy množina C definovaná na množině reálných čísel \mathbb{R} , která má následující vlastnosti:

1. C je normální fuzzy množina,
2. α -řezy C_α představují pro všechna $\alpha \in \langle 0, 1 \rangle$ uzavřené intervaly,
3. nosič $\text{Supp } C$ je ohraničený,

se nazývá fuzzy číslem.

Poznámka 10. Dle tvrzení v předchozí definici můžeme říct, že i reálné číslo a uzavřený interval jsou fuzzy čísla.

Věta 3. Necht' C je fuzzy množina na \mathbb{R} . Pak C je fuzzy číslem tehdy a jen tehdy, existují-li reálná čísla $x_1 \leq x_2 \leq x_3 \leq x_4$ tak, že pro funkci příslušnosti $C(\cdot)$ platí

$$C(x) = \begin{cases} L(x) & \text{pro } x \in (-\infty, x_2), \\ 1 & \text{pro } x \in \langle x_2, x_3 \rangle, \\ P(x) & \text{pro } x \in (x_3, \infty), \end{cases} \quad (28)$$

kde funkce $L : (-\infty, x_2) \rightarrow \langle 0, 1 \rangle$ je neklesající, spojitá zprava a platí pro ni $L(x) = 0$ pro $x \in (-\infty, x_1)$, funkce $P : (x_3, \infty) \rightarrow \langle 0, 1 \rangle$ je nerostoucí, spojitá zleva a platí pro ni $P(x) = 0$ pro $x \in (x_4, \infty)$.

Poznámka 11. Fuzzy číslo C definované na \mathbb{R} můžeme označit zápisem $C \in \mathcal{F}_N(\mathbb{R})$, kde $\mathcal{F}_N(\mathbb{R})$ je třída všech fuzzy čísel na \mathbb{R} . Je-li definované na uzavřeném intervalu $\langle a, b \rangle$, můžeme jej označit zápisem $C \in \mathcal{F}_N(\langle a, b \rangle)$, kde $\mathcal{F}_N(\langle a, b \rangle)$ je třída všech fuzzy čísel na uzavřeném intervalu $\langle a, b \rangle$.

Dle tvaru funkce příslušnosti fuzzy čísel existují kvadratická, lineární (trojúhelníková, lichoběžníková, typ S , typ Z) a Gaussovská fuzzy čísla.

Poznámka 12. Z věty o reprezentaci vyplývá, že fuzzy číslo $C \in \mathcal{F}_N(\langle a, b \rangle)$ lze zapsat pomocí dvojic funkcí $\underline{c}(\alpha) : \langle 0, 1 \rangle \rightarrow \mathbb{R}$ a $\bar{c}(\alpha) : \langle 0, 1 \rangle \rightarrow \mathbb{R}$, které představují horní a dolní mez α -řezů nebo pro $\alpha = 0$ uzávěr nosiče C , tímto zápisem:

$$C = \{ \langle \underline{c}(\alpha), \bar{c}(\alpha) \rangle \mid \alpha \in \langle 0, 1 \rangle \} = \begin{cases} A_\alpha = \langle \underline{c}(\alpha), \bar{c}(\alpha) \rangle & \text{pro } \alpha \in (0, 1), \\ Cl(\text{Supp } C) = \langle \underline{c}(0), \bar{c}(0) \rangle & \text{pro } \alpha = 0. \end{cases} \quad (29)$$

2 Fuzzy regulátor

Použití teorie fuzzy množin pro regulaci je významná myšlenka, která vznikla na přelomu osmdesátých a devadesátých let minulého století. Došlo tak ke zjednodušení regulace procesů. Fuzzy regulace totiž nepotřebuje přesný matematický popis procesu, na rozdíl od klasické regulace. Díky používání přirozeného jazyka a práce s nepřesností se stala fuzzy regulace oblíbenou a často používanou v praxi. Definice a poznatky v této kapitole jsou čerpány z literatury [5], [7].

2.1 Historie, cyklus a schéma fuzzy regulátoru

Fuzzy regulátor je systém založený na bázi pravidel. Pravidla jsou většinou typu JESTLIŽE - PAK.

2.1.1 Historie fuzzy regulátoru

Ve 40. a 50. letech 20. století začala fungovat klasická regulace. Jednalo se o analytické řízení procesů (analytické paradigma). V 60. letech vznikl pojem fuzzy množiny a v návaznosti na něj fuzzy regulace. Procesy tak mohou být řízeny neanalyticky (neanalytické paradigma).

První myšlenka použít fuzzy logiku v průmyslu pochází od L. A. Zadeha. Více ji rozvinul E. H. Mamdani. Po roce 1970 tak poprvé proběhla fuzzy regulace ve Velké Británii na generátoru páry. Jako další použila firma Smith v roce 1974 regulátor pro řízení rotační pece. V tehdejší Československu se regulací zabývali prof. M. Dohnal a prof. V. Novák.

Po roce 1980 v Japonsku firma Fuji Electric regulovala čističku odpadních vod. Od roku 1987 je ve městě Sendai řízena podzemní dráha. O pár let později byl v Evropě vytvořen Fuzzy Toolbox pro matematický software Matlab. V USA byla fuzzy regulace využívána od roku 1990 v automobilovém průmyslu pro řízení protiskluzového systému ABS či u automatické převodovky.

Fuzzy regulace se začala používat k řízení technických procesů, ale nezůstalo jen u toho. V dnešní době se používá i u spotřebního zboží jako jsou např. fotoaparáty, automatické pračky, vysavače. Další využití našla ve zdravotnictví na jednotkách intenzivní péče či v bankovníctví na podporu rozhodování, např. při posuzování bonity žadatele o úvěr.

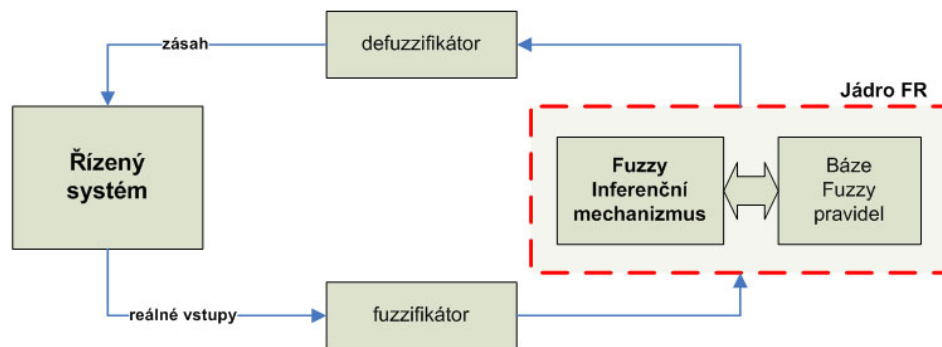
Fuzzy regulace se používá tam, kde klasickou regulaci nelze použít nebo kde je efektivnější časově či finančně. Výhodou je snazší navrhování a implementace a také robustnost (necitlivost na změny podmínek).

2.1.2 Cyklus a schéma fuzzy regulátoru

Fuzzy regulátor lze zapojit do zpětnovazební uzavřené smyčky. Jeho cyklus je pak tvořen následnými kroky:

1. naměření vstupních hodnot nezávisle proměnných z řízeného procesu,
2. převedení reálných vstupů na fuzzy vstupy (fuzzifikace),
3. vytvoření báze fuzzy pravidel,
4. fuzzy vstupy a báze pravidel vstupuje do fuzzy inferenčního mechanismu,
5. získání fuzzy výstupu,
6. převedení fuzzy výstupu na reálný výstup (defuzzifikace),
7. zásah do řízeného systému.

Tento cyklus lze graficky znázornit obecným schématem na obr. 2, ze kterého jde vidět, že fuzzy inferenční mechanismus a báze pravidel tvoří jádro fuzzy regulátoru.



Obr. 2: Schéma fuzzy regulátoru

2.2 Jazyková proměnná, jazyková škála

Z předchozí kapitoly vyplývá, že fuzzy množiny jsou vhodné pro interpretaci slov přirozeného jazyka. Tato slova nazýváme jazykové termy. Jazyková proměnná tak nabývá jazykových hodnot, které jsou zadávané formou fuzzy množin na \mathbb{R} či fuzzy čísel. Představuje zjednodušení reálné proměnné, která je definovaná na stejném univerzu. Tato proměnná se nazývá bazická a je přidružená k dané jazykové proměnné.

Definice 19. Jazykovou proměnnou rozumíme pěticí

$$(\mathcal{V}, \mathcal{T}(\mathcal{V}), X, G, M), \quad (30)$$

kde \mathcal{V} je jméno této jazykové proměnné, $\mathcal{T}(\mathcal{V})$ je množina jazykových hodnot proměnné \mathcal{V} , $X \subseteq \mathbb{R}$ je univerzum, na němž jsou definovány fuzzy množiny představující významy těchto jazykových hodnot, G je syntaktické pravidlo (gramatika) pro generování jazykových hodnot z $\mathcal{T}(\mathcal{V})$ a M je sémantické pravidlo, tj. zobrazení, které každé jazykové hodnotě $\mathcal{C} \in \mathcal{T}(\mathcal{V})$ přiřadí její význam, $C = M(\mathcal{C})$, který je fuzzy množinou na X .

Definice 20. Bazickou proměnnou přidruženou k jazykové proměnné

$$(\mathcal{V}, \mathcal{T}(\mathcal{V}), X, G, M)$$

rozumíme dvojici

$$(v, X), \quad (31)$$

kde v je jméno bazické proměnné (často $v = \mathcal{V}$) a $X \subseteq \mathbb{R}$ je obor jejích reálných hodnot (identický s univerzem jazykové proměnné \mathcal{V}).

Poznámka 13. Jazykové proměnné a jazykové termy budou dále v textu označovány psacími písmeny, kdežto významy jazykových termů fuzzy množin tiskacími písmeny.

Poznámka 14. V dalším textu budu předpokládat, že jazykové termy jsou modelovány pomocí fuzzy čísel definovaných na \mathbb{R} , speciálně na nějakém uzavřeném intervalu $\langle a, b \rangle$.

Poznámka 15. Je-li množina hodnot jazykové proměnné explicitně dána, není třeba uvádět syntaktické pravidlo G . Pokud je také význam každého termu explicitně daný, nemusíme uvádět sémantické pravidlo M .

Definice 21. Řekneme, že jazyková proměnná $(\mathcal{V}, \mathcal{T}(\mathcal{V}), \langle a, b \rangle)$ definuje na intervalu $\langle a, b \rangle$ jazykovou škálu, jestliže fuzzy čísla T_1, T_2, \dots, T_s modelující významy jazykových hodnot $\mathcal{T}_1, \mathcal{T}_2, \dots, \mathcal{T}_s$ tvořících množinu $\mathcal{T}(\mathcal{V})$ představují fuzzy rozklad intervalu $\langle a, b \rangle$, tj.

$$\forall x \in \langle a, b \rangle : \sum_{i=1}^s T_i(x) = 1. \quad (32)$$

Poznámka 16. Pokud množina fuzzy čísel T_1, T_2, \dots, T_s tvoří fuzzy rozklad intervalu $\langle a, b \rangle$ a jsou-li fuzzy čísla $T_i, i = 1, 2, \dots, s$ očíslovaná ve shodě s lineárním uspořádáním, můžeme používat označení fuzzy škála definovaná na intervalu $\langle a, b \rangle$.

2.3 Jazyková aproximace

Jazyková aproximace se používá v případě, že hledáme jazykový popis pro fuzzy číslo, fuzzy množinu či reálné číslo.

Definice 22. Nechť je dána jazyková proměnná $(\mathcal{V}, \mathcal{T}(\mathcal{V}), \langle a, b \rangle)$, kde $\mathcal{T}(\mathcal{V}) = \{\mathcal{T}_1, \mathcal{T}_2, \dots, \mathcal{T}_s\}$ a $M(\mathcal{T}_i) = T_i$ jsou pro $i = 1, 2, \dots, s$ fuzzy čísla na intervalu $\langle a, b \rangle$. Nechť je dále dáno fuzzy číslo C na $\langle a, b \rangle$. Pak jazykovou aproximací fuzzy čísla C pomocí jazykové proměnné \mathcal{V} rozumíme jazykovou hodnotu \mathcal{T}_{i_0} , $i_0 \in \{1, 2, \dots, s\}$, této jazykové proměnné, pro jejíž význam T_{i_0} platí

$$d(C, \mathcal{T}_{i_0}) = \min_{i=1, \dots, s} d(C, \mathcal{T}_i), \quad (33)$$

kde $d(C, \mathcal{T}_i)$ je vzdálenost fuzzy čísel definovaná vztahem

$$d(C, \mathcal{T}_i) = \frac{\int_0^1 (|\underline{c}(\alpha) - \underline{t}_i(\alpha)| + |\bar{c}(\alpha) - \bar{t}_i(\alpha)|) d\alpha}{2(b-a)} \quad (34)$$

Pro fuzzy čísla se hledá význam, který je mu nejbližší. Proto požadujeme nejmenší vzdálenost.

Definice 23. Nechť je dána jazyková proměnná $(\mathcal{V}, \mathcal{T}(\mathcal{V}), \langle a, b \rangle)$, kde $\mathcal{T}(\mathcal{V}) = \{\mathcal{T}_1, \mathcal{T}_2, \dots, \mathcal{T}_s\}$ a $M(\mathcal{T}_i) = T_i$ jsou pro $i = 1, 2, \dots, s$ fuzzy čísla na intervalu $\langle a, b \rangle$. Nechť je dále dána fuzzy množina C na $\langle a, b \rangle$ s borelovsky měřitelnou funkcí příslušnosti. Definujeme pro dané C fuzzy množinu P_C na množině $\{\mathcal{T}_1, \mathcal{T}_2, \dots, \mathcal{T}_s\}$ následujícím předpisem

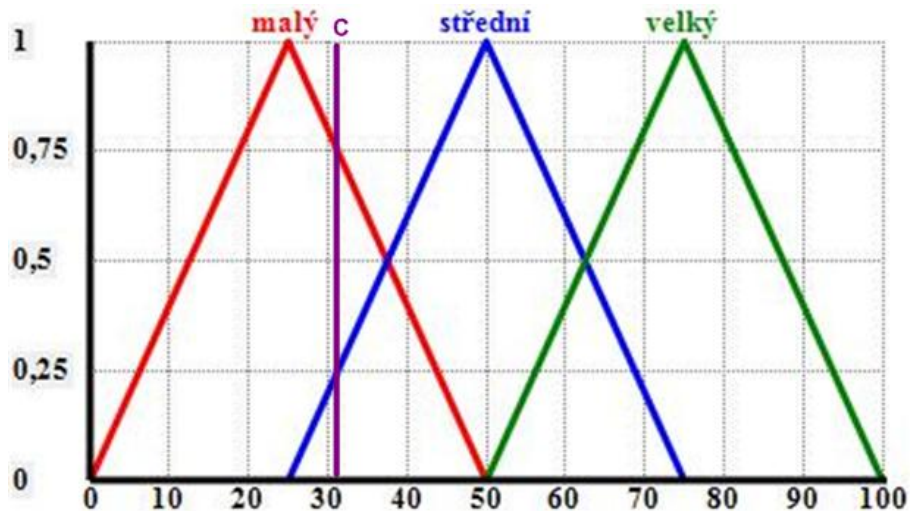
$$P_C(\mathcal{T}_i) = 1 - \frac{\int_a^b |C(x) - T_i(x)| dx}{\int_a^b |C(x) + T_i(x)| dx}, \quad (35)$$

kde $i = 1, 2, \dots, s$. Pak jazykovou aproximací fuzzy množiny C pomocí jazykové proměnné \mathcal{V} rozumíme takový jazykový term \mathcal{T}_{i_0} , $i_0 \in \{1, 2, \dots, s\}$, pro jehož význam T_{i_0} platí

$$P_C(\mathcal{T}_{i_0}) = \max_{i=1, 2, \dots, s} P_C(\mathcal{T}_i). \quad (36)$$

Jazyková aproximace fuzzy množin se řeší pomocí podobnosti. Proto tu chceme naopak největší hodnotu.

Jelikož je reálné číslo speciálním případem fuzzy čísla, můžeme jej aproximovat dle definice 22. Pokud je jazyková škála znázorněna graficky, lze reálnému číslu určit nenulové stupně příslušnosti k těm fuzzy číslům, jejichž význam leží nejbližší významu reálného čísla, viz obr. 3.



Obr. 3: Jazyková aproximace reálného čísla c

Z obrázku je patrné, že reálné číslo c má ze 75 % vlastnost malý a z 25 % vlastnost střední. Logicky mu pak přiřadím vlastnost malý, jelikož má této vlastnosti více.

2.4 Jazykově definovaná funkce - báze fuzzy pravidel

Báze fuzzy pravidel je soubor pravidel typu JESTLIŽE - PAK, která určuje výstup řízeného systému při daných vstupech.

Definice 24. Nechť jsou dány jazykové proměnné $(\mathcal{X}_j, \mathcal{T}(\mathcal{X}_j), U_j)$ pro $j = 1, 2, \dots, m$ a jazyková proměnná $(\mathcal{Y}, \mathcal{T}(\mathcal{Y}), V)$. Nechť dále $C_{i,j} \in \mathcal{T}(\mathcal{X}_j)$ a jejich významy $M(C_{i,j}) = C_{i,j}$ jsou fuzzy čísla na U_j pro $i = 1, 2, \dots, n$, $j = 1, 2, \dots, m$, $\mathcal{D}_i \in \mathcal{T}(\mathcal{Y})$ a $M(\mathcal{D}_i) = \mathcal{D}_i$ jsou fuzzy čísla na V pro $i = 1, 2, \dots, n$. Pak zápis \mathcal{R}

$$\begin{aligned}
 &\text{Pravidlo 1: Jestliže } \mathcal{X}_1 \text{ je } C_{1,1} \text{ a } \dots \text{ a } \mathcal{X}_m \text{ je } C_{1,m}, \text{ pak } \mathcal{Y} \text{ je } \mathcal{D}_1. \\
 &\text{Pravidlo 2: Jestliže } \mathcal{X}_1 \text{ je } C_{2,1} \text{ a } \dots \text{ a } \mathcal{X}_m \text{ je } C_{2,m}, \text{ pak } \mathcal{Y} \text{ je } \mathcal{D}_2. \\
 &\dots\dots\dots \\
 &\text{Pravidlo } n: \text{ Jestliže } \mathcal{X}_1 \text{ je } C_{n,1} \text{ a } \dots \text{ a } \mathcal{X}_m \text{ je } C_{n,m}, \text{ pak } \mathcal{Y} \text{ je } \mathcal{D}_n.
 \end{aligned} \tag{37}$$

se nazývá jazykově definovaná funkce (báze pravidel) vyjadřující vztah mezi jazykovými proměnnými $\mathcal{X}_1, \mathcal{X}_2, \dots, \mathcal{X}_m$ a jazykovou proměnnou \mathcal{Y} .

Báze fuzzy pravidel může být zadávána expertně, kdy expert na základě znalostí vztahů mezi vstupními proměnnými a výstupní proměnnou vytvoří bázi pravidel. Většinou se vytvoří všechny kombinace termů jazykových proměnných $\mathcal{X}_1, \mathcal{X}_2, \dots, \mathcal{X}_m$. A těm kombinacím, které expertovi přijdou možné, přiřadí odpovídající term jazykové proměnné \mathcal{Y} . Na začátku vznikne prvotní návrh báze pravidel, poté probíhá ladění a modifikace.

Báze pravidel také může být generována z dat pomocí algoritmů shlukové analýzy, neuronových sítí či generátoru báze pravidel (viz [4]). Těmito metodami se v této práci nebudu podrobně zabývat.

2.5 Přibližná dedukce

Přibližná dedukce je metoda na zpracování pravidel typu JESTLIŽE - PAK. Nejedná se o klasickou logickou dedukci. Ta totiž vyžaduje přesnou shodu mezi napozorovanými hodnotami a levou stranou pravidla. Vychází se tu z následující situace:

$$\begin{aligned} &\text{Jestliže } \mathcal{X} \text{ je } \mathcal{C}_1, \text{ pak } \mathcal{Y} \text{ je } \mathcal{D}_1. \\ &\text{Jestliže } \mathcal{X} \text{ je } \mathcal{C}_2, \text{ pak } \mathcal{Y} \text{ je } \mathcal{D}_2. \\ &\text{Pozorování: } \mathcal{X} \text{ je } \mathcal{C}_2. \Rightarrow \text{Závěr: } \mathcal{Y} \text{ je } \mathcal{D}_2. \end{aligned}$$

Jedná se o pravidlo modus ponens, které lze zapsat takto:

$$\frac{A, A \Rightarrow B}{B}. \quad (38)$$

Toto pravidlo říká, že pokud platí A a zároveň platí, že z A vyplývá B , tak platí i B .

Oproti tomu přibližná dedukce nevyžaduje přesnou shodu. Pozorování může padnout někde „mezi“ předpoklady levé strany pravidla. Vycházíme z toho, že báze pravidel je stejná jako u logické dedukce, pouze pozorování je jiné:

$$\text{Pozorování: } \mathcal{X} \text{ je } \mathcal{C}'. \Rightarrow \text{Závěr: } \mathcal{Y} \text{ je } \mathcal{D}'.$$

Výraz \mathcal{C}' se může mírně lišit od původních výrazů $\mathcal{C}_1, \mathcal{C}_2$, také výraz \mathcal{D}' může být mírně odlišný od výrazu \mathcal{D} . V tomto případě se jedná o vícehodnotové pravidlo modus ponens ve fuzzy logice, které lze zapsat takto:

$$\frac{A[\alpha], A \Rightarrow B[\beta]}{B[\alpha \otimes \beta]}. \quad (39)$$

Platí-li A , které je ohodnoceno $\alpha \in \langle 0, 1 \rangle$ a zároveň platí formule $A \Rightarrow B$, která je ohodnocena $\beta \in \langle 0, 1 \rangle$, pak z nich lze odvodit B ohodnocené $\alpha \otimes \beta$, kde \otimes vyjadřuje operaci Lukasiewiczova konjunkce (viz. poznámka 8).

Existuje mnoho typů inferenčních mechanismů např. Novákův (viz [5]). V této práci uvedu pouze Mamdaniho a Zobecněný Sugenuův přístup.

2.5.1 Mamdaniho inferenční mechanismus

Jde o jeden z nejznámějších a nejpoužívanějších přístupů. Jeho největší nevýhodou je, že výsledkem je fuzzy množina, která nemusí být fuzzy číslem. Pokud tedy

potřebují reálné číslo jako výstup, je nutné provést defuzzifikaci. Pokud pro další výpočet potřebují fuzzy číslo, je nutné provést jazykovou aproximaci.

Fungování Mamdaniho přístupu mohou popsat následujícím schématem:

$$\begin{array}{l}
\text{Pravidlo 1: Jestliže } \mathcal{X}_1 \text{ je } \mathcal{C}_{1,1} \text{ a } \dots \text{ a } \mathcal{X}_m \text{ je } \mathcal{C}_{1,m}, \text{ pak } \mathcal{Y} \text{ je } \mathcal{D}_1. \\
\text{Pravidlo 2: Jestliže } \mathcal{X}_1 \text{ je } \mathcal{C}_{2,1} \text{ a } \dots \text{ a } \mathcal{X}_m \text{ je } \mathcal{C}_{2,m}, \text{ pak } \mathcal{Y} \text{ je } \mathcal{D}_2. \\
\text{.....} \\
\text{Pravidlo } n: \text{ Jestliže } \mathcal{X}_1 \text{ je } \mathcal{C}_{n,1} \text{ a } \dots \text{ a } \mathcal{X}_m \text{ je } \mathcal{C}_{n,m}, \text{ pak } \mathcal{Y} \text{ je } \mathcal{D}_n. \\
\text{Pozorování: } \mathcal{X}_1 \text{ je } \mathcal{C}'_1 \text{ a } \dots \text{ a } \mathcal{X}_m \text{ je } \mathcal{C}'_m. \\
\text{Závěr: } \mathcal{Y} \text{ je } \mathcal{D}',
\end{array} \tag{40}$$

kde \mathcal{D}' je jazyková aproximace fuzzy množiny

$$D^M = (C'_1 \times \dots \times C'_m) \circ R, \tag{41}$$

$$R = \bigcup_{i=1}^n (C_{i,1} \times \dots \times C_{i,m} \times D_i). \tag{42}$$

R je fuzzy relace představující význam celé báze pravidel, jakožto sjednocení významů jednotlivých pravidel. Symbol \circ představuje operaci kompozice (viz definice 15).

Nyní uvedu výpočetní algoritmus:

1. Pro $i = 1, 2, \dots, n$ vypočítáme

a) h_i míru zasažení i -tého pravidla fuzzy vstupem

$$\begin{aligned}
h_i &= \text{hgt}((C'_1 \times \dots \times C'_m) \cap (C_{i,1} \times \dots \times C_{i,m})) = \\
&= \min\{\text{hgt}(C'_1 \cap C_{i,1}), \dots, \text{hgt}(C'_m \cap C_{i,m})\},
\end{aligned} \tag{43}$$

což vyjadřuje výšku průniku významu pozorování a významu levé strany pravidla.

b) Následuje „uriznutí“ příslušných fuzzy množin na pravé straně i -tého pravidla ve výšce h_i

$$\forall y \in V : D_i^M(y) = \min\{h_i, D_i(y)\}. \tag{44}$$

2. Fuzzy závěr pro dané pozorování je pak dán ve tvaru

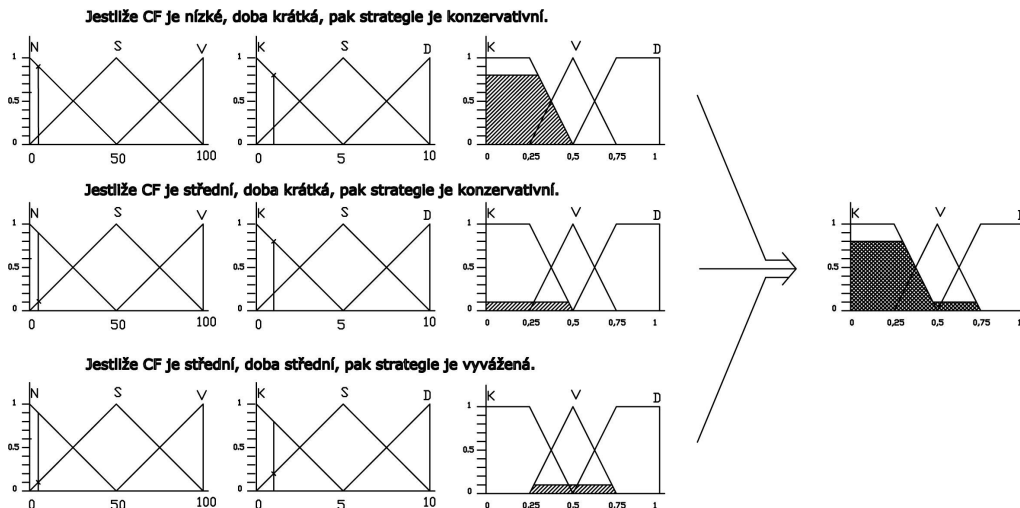
$$D^M = \bigcup_{i=1}^n D_i^M. \tag{45}$$

Použití algoritmu vysvětlím na následujícím příkladu, který popisuje výběr vhodné investiční strategie.

Příklad 2. Tato situace obsahuje dvě vstupní proměnné a jednu výstupní. První vstupní jazyková proměnná popisuje volné finanční prostředky v procentech z příjmu ($CF = \text{cash flow}$) na univerzu $\langle 0, 100 \rangle$, jejíž jazykové termy jsou nízké, střední a vysoké. Druhou jazykovou proměnnou je doba, na kterou mohou volné finanční prostředky postrádat, definovaná na univerzu $\langle 0, 10 \rangle$. Její jazykové termy jsou krátká, střední a dlouhá. Výstupní proměnnou je investiční strategie se třemi jazykově definovanými hodnotami na univerzu $\langle 0, 1 \rangle$ - konzervativní, vyvážená a dynamická. Mamdaniho přístup předvedu pouze na zjednodušené bázi pravidel, která se skládá z těchto tří pravidel:

1. Jestliže CF je nízké a doba je krátká, pak strategie je konzervativní.
2. Jestliže CF je střední a doba je krátká, pak strategie je konzervativní.
3. Jestliže CF je střední a doba je střední, pak strategie je vyvážená.

Pokud bych získala reálné vstupy 10 % pro cash flow a 1,5 roku pro dobu trvání, tak to zasáhne všechna tři pravidla. Z obr. 3 jsou patrné výšky zasažení. První pravidlo je zasaženo ve výšce 0,8, což je minimální výška z 0,9 pro CF a 0,8 pro dobu trvání. Fuzzy množinu, která modeluje význam konzervativní, tedy uříznu ve výšce 0,8. Druhé pravidlo je zasažené ve výšce $0,1 = \min(0,1; 0,8)$. Fuzzy množinu modelující význam konzervativní pak uříznu ve výšce 0,1. Poslední pravidlo je zasažené ve výšce $0,1 = \min(0,1; 0,2)$. Fuzzy množinu, která modeluje význam vyvážená, uříznu ve výšce 0,1. Výstupní fuzzy hodnota pro daný vstup 10 % CF a investiční horizont 1,5 roku pak je dána sjednocením „uříznutých“ fuzzy množin.



Obr. 4: Mamdaniho přístup

2.5.2 Zobecněný Sugenuv inferenční mechanismus

Tento inferenční mechanismus vznikl zobecněním Sugenuva přístupu. Jeho výhodou je, že fuzzy výstupem je vždy fuzzy číslo, a to dokonce stejného typu (např. jsou-li vstupní hodnoty popsány lineárními fuzzy čísly, je fuzzy výstup též lineární fuzzy číslo), který byl použit pro významy jazykových hodnot všech vstupních proměnných. Báze fuzzy pravidel je stejná jako u Mamdaniho přístupu. Fuzzy výstup \mathcal{D}' je zde dán jazykovou aproximací fuzzy čísla

$$D^S = \frac{\sum_{i=1}^n h_i D_i}{\sum_{i=1}^n h_i}, \quad (46)$$

kde výška h_i je dána vztahem

$$h_i = \text{hgt}((C'_1 \times \dots \times C'_m) \cap (C_{i,1} \times \dots \times C_{i,m})). \quad (47)$$

Výsledek je dán jako vážený průměr fuzzy čísel D_i z pravé strany báze pravidel, váhy tu představují výšky zasažení pravidel.

2.6 Defuzzifikace

Jelikož je u fuzzy regulátorů v praxi vyžadována jediná výstupní reálná hodnota, bylo potřeba řešit defuzzifikaci fuzzy výstupu. Jedná se o transformaci výstupní fuzzy množiny na reálné číslo. Metod defuzzifikace existuje velké množství, proto tu uvedu jen ty nejnámější a nejpoužívanější.

1. Metoda těžiště

Je známá také pod názvem metoda COG (Center of Gravity). Její nevýhodou je velká výpočetní složitost.

Definice 25. Nechť je dáno fuzzy číslo C definované na intervalu $\langle a, b \rangle$, které není číslem reálným. Jeho těžištěm nazveme reálné číslo $t \in \langle a, b \rangle$ definované formulí

$$t = \frac{\int_a^b C(x)x dx}{\int_a^b C(x) dx}. \quad (48)$$

Poznámka 17. Pro diskrétní případ, kdy univerzum C je $U = \{x_1, \dots, x_n\}$, je možné těžiště vypočítat pomocí vztahu

$$t = \frac{\sum_{i=1}^n C(x_i)x_i}{\sum_{i=1}^n C(x_i)}. \quad (49)$$

2. Metody maxim

- Metoda FOM - First of Maxima

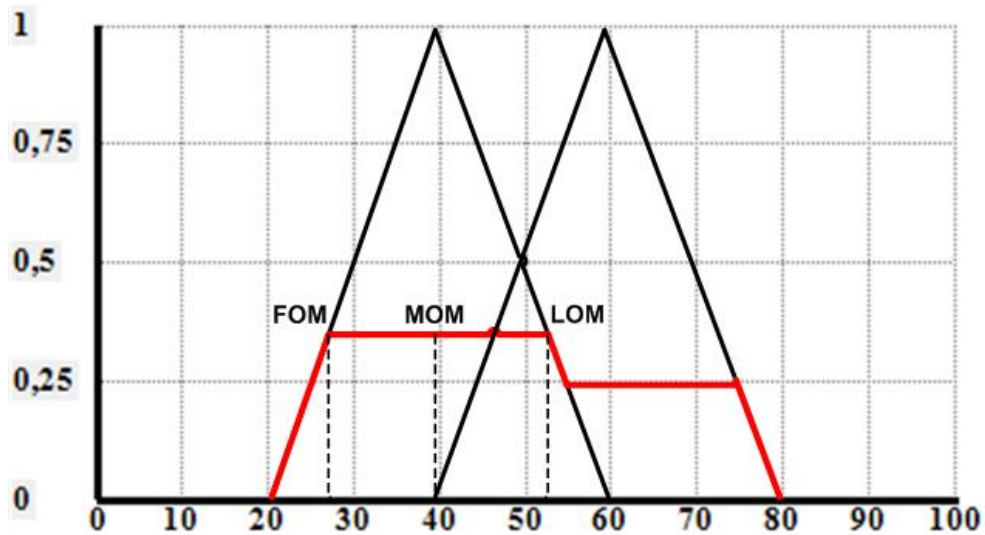
Ostrou hodnotu reprezentující fuzzy výstup najdeme jako jednu z hodnot s největším stupněm příslušnosti, která je nejvíce vlevo (viz obr. 5).

- Metoda MOM - Mean of Maxima

Ostrou hodnotou po defuzzifikaci fuzzy výstupu je jedna z hodnot s největším stupněm příslušnosti, která leží ve středu (viz obr. 5).

- Metoda LOM - Last of Maxima

Defuzzifikovanou hodnotou fuzzy výstupu je jedna z hodnot s největším stupněm příslušnosti, která je nejvíce vpravo (viz obr. 5).



Obr. 5: Defuzzifikace - metody maxim

3 Investiční nástroje v současnosti

Investice vždy souvisí s takovým konáním, které má přinést požadovaný výnos. Investice by měla plnit svůj účel, tzn. např. chci-li spořit peníze na důchod a je mi kolem 30 let, nemá smysl je ukládat do produktů vhodných pro krátkodobé zhodnocení. Každý by se měl tedy zamyslet nad tím, k čemu jednou budou jeho volné prostředky sloužit a jsou-li podle zvoleného účelu vhodně zainvestovány. Do jakých investičních produktů dnes můžeme naše volné finanční prostředky směřovat? Odpověď na tuto otázku by měla zajímat všechny. Peníze jsou častým tématem k hovoru. Bohužel finanční gramotnost v České republice není dostačující. Hodně lidí pak nevhodně zachází se svými volnými finančními prostředky. Většina lidí však postupně odkládá peníze, které v budoucnosti mají plnit nějaký účel. Mezi nejvíce používané účely patří zabezpečení rodiny a vzdělání dětí, zajištění střechy nad hlavou, relaxace v podobě dovolených či koníčků, zajištění na stáří ... apod.

Lidé stále hodně věří hotovým penězům, které často skladují doma „pod polštářem“. Mají tak pocit, že jim banky z jejich peněz „neuždibují“ bankovní poplatky. Bohužel i peníze doma v kasičce ztrácejí kvůli inflaci svou hodnotu. To sami poznáme i při nákupu běžných potravin, když za stejné peníze nakoupíme méně a méně.

Lepší formou uložení finančních prostředků přeci jen nabízí banky ve formě spořicíh účtů a termínovaných vkladů. Peníze na nich jsou aspoň trochu zhodnocovány. V dnešní době toto zhodnocení však nedokáže převýšit inflaci. Z toho důvodu se lidé poohlížejí po dalších a výnosnějších možnostech investování. A právě těmito možnostmi se budu v této kapitole zabývat.

Investice mají své zákonitosti, které by v případě neznalosti mohly nepříjemně překvapit. Proto než člověk začne investovat, měl by si být dobře vědom následujících skutečností:

- hlavní cíl investice nemusí být pouze maximální výnos, ale třeba i zabezpečení stabilního příjmu,
- důležitou roli hraje investiční horizont, např. investice vhodné pro dlouhý horizont mohou v krátkém horizontu způsobit velké problémy,
- úspěchem dobré investice je diverzifikace neboli nevložit všechny volné finanční prostředky jen do jednoho investičního nástroje,
- na finančních trzích platí přímá úměra - čím větší výnos, tím větší riziko, zadarmo rozhodně nikdo nic nedostane,

- nikdo neumí předpovídat budoucnost, poctiví finančníci předpovědi nedělají, jelikož je velmi těžké, ne-li nemožné, předpovědět, jak se budou vyvíjet úrokové míry, ceny akcií, měnové kurzy ... ,
- není radno spoléhat na výnosy z cenných papírů v nedávné minulosti a myslet si, že to stejně bude pokračovat i v příštích dnech, hlavně u krátkodobých trendů může docházet k výkyvům,
- žádná investice není bezriziková, i na bankovních účtech mohou být vlivem změny úrokových měr a růstu inflace peníze znehodnocovány,
- mezi bezrizikové investice nepatří ani státní dluhopisy, to je patrné od roku 2010 po dluhové krizi v Řecku; sem bychom mohli v současnosti zařadit jen státní pokladniční poukázky s dobou splatnosti max. 2 měsíce,
- čas od času je možné se některými výše uvedenými skutečnostmi neřídit, jen je nutné být připravený na případné nepříjemnosti, které ale nemusí nastat. Vývoj trhu nelze předpovídat.

3.1 Spořicí účty

Spořicí účet je bankovní produkt na ukládání volných finančních prostředků, které potřebuji mít rychle k dispozici. Většinou je sjednáván na dobu neurčitou, buď s výpovědní lhůtou nebo bez ní. Podle toho se také odvíjí výše úrokové míry. Čím delší je výpovědní lhůta, tím vyšší je úroková míra. Peníze lze vkládat pravidelně či jednorázově, na většině spořicích účtů dokonce ani není stanovena minimální výše vkladu. Některé banky mohou zřízení spořicího účtu podmiňovat existencí běžného účtu u stejné banky. Zhodnocení na těchto účtech se nyní pohybuje v rozmezí od 0,10 % p. a. do 1,70 % p. a. Úroková sazba není stejná po celou dobu trvání, může se měnit. Úroky jsou zdaněny 15% srážkovou daní. Klienti se nemusí o své peníze bát, jelikož jsou pojištěné u Fondu pojištění vkladů ve výši 100 %, max. 100 000 euro.

Výhody:

- snadné zřízení a ovládání,
- vysoká likvidita - peníze jsou rychle k dispozici,
- bezpečné uložení volných finančních prostředků.

Nevýhody:

- znehodnocování uložených peněz kvůli inflaci vyšší než úrokové sazby na spořicí účtech,
- možný pokles úrokových sazeb v důsledku vývoje úrokových měr na trhu/v ekonomice.

3.2 Termínované vklady

Na rozdíl do spořicí účtů jsou termínované vklady na dobu určitou, kterou si stanoví sám klient. V České republice banky nabízí tyto vklady s nejkratší dobou trvání 7 dní a s nejdelší 5 roků. Klient si může vybrat mezi fixní a pohyblivou úrokovou sazbou. Fixní sazba je stejná po celou dobu trvání a je vhodná, pokud se v budoucnu očekává pokles úrokových sazeb. Pohyblivou sazbu mění banky podle situace na trhu. Výše úrokové sazby se také odvíjí podle délky termínovaného vkladu. Čím je vklad delší, tím vyšší úroková sazba je poskytnuta. Nyní se úrokové sazby na termínovaných účtech pohybují od 0,2 % do 3 % p.a. Úroky jsou při připsání opět zdaněny 15% srážkovou daní. U většiny termínovaných vkladů je stanovena minimální částka vkladu a také sankce za předčasné vybrání. Peníze na tomto produktu jsou opět pojištěny u Fondu pojištění vkladů ve stejné výši jako spořicí účty.

Výhody:

- volba pevné a pohyblivé úrokové sazby,
- bezpečnost,
- snadné zřízení a ovládání.

Nevýhody:

- v případě potřeby se k penězům dostanu pouze po zaplacení sankce za předčasný výběr,
- zhodnocení finančních prostředků je stále nižší než inflace.

3.3 Stavební spoření

Stavební spoření je bankovní produkt vhodný pro všechny, kteří své volné finanční prostředky nepotřebují na 6 let či plánují do budoucna výdaje na bydlení (viz. [17]). Na tomto produktu je možné spořit pravidelně i nepravidelně. Maximální doba spoření není stanovena. Na počátku si klient stanoví výši cílové částky, kterou

chce naspořit. Na výši cílové částky závisí také poplatek za zřízení, který je 1 % z cílové částky. Velkým lákadlem je příspěvek od státu (státní podpora), která se poskytuje ve výši 10 % z roční čisté naspořené částky, max. však 2 000 Kč ročně, takže je efektivní ročně naspořit 20 000 Kč po odpočtu poplatků. Pravidelný roční poplatek za vedení účtu se v současnosti pohybuje přes 300 Kč. Úroková míra pro úročení vkladů se pohybuje okolo 1 - 2 % p. a. Po uplynutí doby spoření 6 let je možné úspory vybrat a použít na cokoliv. Účastník navíc dostane vyplacen úhrn státních podpor. Pokud klient požaduje své peníze před ukončením vázací šestileté lhůty, přijde o státní podporu a také zaplatí pokutu až 1 % z cílové částky. Řada klientů si zřizuje tento produkt, protože chce využít i úvěrovou část. Po určité době (zhruba 2 roky) a naspoření určité části (okolo 30 - 45 % cílové částky a dosažení minimální výše bodového hodnocení, které závisí na výši úroků) je možné požádat o úvěr, který je účelový a musí být použit výhradně k financování bytových potřeb (viz zákon o stavebních spoření). Při nesplnění těchto podmínek je možné požádat o překlenovací úvěr, který je ale úročen vyšší úrokovou sazbou. Prostředky na vkladovém účtu stavebního spoření jsou také zabezpečené díky pojištění u Fondu pojištění vkladu.

Výhody:

- bezpečné uložení finančních prostředků,
- státní podpora,
- snadné zřízení a ovládání,
- možnost získání prostředků na bydlení,
- při naspoření částky vyšší než 20 000 Kč se přebývající část převádí do dalšího roku.

Nevýhody:

- po dobu šesti let nelze (není vhodné) s naspořenou částkou disponovat,
- vysoké poplatky za zřízení, vedení a navyšování cílové částky.

3.4 Dluhopisy

Poznátky v této podkapitole jsem čerpala z [9], [11], [20], [22]. Dluhopisy jsou dluhové cenné papíry vyjadřující závazek dlužníka (emitenta) vůči věřiteli (majiteli

dluhopisu). Tento cenný papír je známý také pod názvem obligace. Tento název vychází z latinského *obligó*, které znamená váži, zavazuji. Tento cenný papír zavazuje emitenta zaplatit dlužnou částku spolu s úroky věřiteli. Obligace jsou vystavovány s určitou splatností, do které musí být dlužná částka splacena. Úroky jsou vypláceny ve stanovených termínech. Vytištěná částka na dluhopisu se nazývá nominální hodnota a je splacena v době platnosti. Cenou obligace je její skutečná tržní cena, za kterou se zrovna obchoduje na kapitálových trzích. Úroky, které mají být vyplácené v daných termínech (nejčastěji na konci ročního nebo půlročního kupónového období), se nazývají kupónové platby. Pokud jsou vyjádřené v procentech z nominální hodnoty dluhopisu, nazývají se kupónová sazba. Dluhopisy je možné dělit podle několika hledisek, např. podle doby splatnosti, emitenta, úroků, podoby, formy.

Podle doby splatnosti se dluhopisy dělí na:

- krátkodobé - doba splatnosti je do jednoho roku, např. státní pokladniční poukázky a podnikové dluhopisy (komerční papíry),
- střednědobé - s dobou splatnosti 1 - 10 let,
- dlouhodobé - nad 10 let (obligace, konzoly).

Státní pokladniční poukázky vydává stát ke krytí státního dluhu. Doporučená investice do tohoto cenného papíru je 10 mil. Kč. Emitentem komerčních papírů jsou podniky, které potřebují navýšit základní kapitál. Konzoly jsou dluhopisy s neomezenou dobou splatnosti, je tedy vypláceno nekonečně mnoho kupónových plateb.

Podle emitenta se dluhopisy dělí na:

- státní - emitované státem (např. v České republice stát zastupuje Ministerstvo financí ČR). Česká národní banka jakožto centrální banka zajišťuje emisi.
- komunální - vydávané územními samosprávnými celky (obce, města) se svolením ministerstva financí,
- bankovní - emitentem je peněžní ústav,
- podnikové - jsou emitované soukromými podniky.

Podle typu kupónové sazby se třídí na dluhopisy:

- s pevným kupónem - výše kupónové sazby je pevně stanovená,
- s proměnlivým kupónem - kupónová sazba se odvíjí od určité úrokové sazby,
- bezkupónové - kupónové sazby nejsou vypláceny, těmto dluhopisům se říká zero bonds,

- indexované - výše kupónových sazeb je vázána na index mezd, cenu zlata, inflaci ...

Podle podoby se dluhopisy dělí na:

- listinné - jsou vydávány v papírové podobě, tvoří je plášť a kupónový arch,
- zaknihované - jsou vedeny formou záznamu v registru cenných papírů pod jménem majitele.

Dále se dluhopisy rozdělují podle formy na:

- na jméno - mohou s nimi nakládat pouze majitelé vedení v seznamu u emitenta, na druhou osobu je lze převést rubopisem a předáním,
- na doručitele - s tímto cenným papírem může disponovat vlastník cenného papíru, převedení na druhou osobu se provádí pouze předáním.

Zvláštními typy dluhopisů jsou také sběrné dluhopisy, kde se několik emitentů podílí určitým počtem kusů na celkové hodnotě. Dále prioritní dluhopisy spojené s právem na přednostní úpis akcií emitenta, zaměstnanecké dluhopisy vydávané podniky svým zaměstnancům, konvertibilní s možností výměny za akcie či jiný dluhopis emitenta, opční dluhopisy s předkupním právem na akcie emitenta, vypověditelné s možností předčasného splacení či dluhopisy s odloženou platbou, kde v několika prvních letech nejsou vypláceny kupóny (viz [22]).

Mezi dluhopisy patří také vkladové listy. Jsou vydávané finančními institucemi jako potvrzení o jednorázovém vkladu. Doba splatnosti se pohybuje od jednoho měsíce do pěti let. Banka se takto zavazuje, že po uplynutí splatnosti vrátí uložený vklad navýšený o úroky. Vkladové listy jsou vydávané na jméno nebo na doručitele v hodnotě od 5 000 do 50 000 Kč. Banka uložený vklad vrátí při předložení vkladového listu. Tyto vklady nejsou ze zákona pojištěné, proto se jedná o rizikovější investici než do termínovaných vkladů (viz [20]).

Hypoteční zástavní listy lze také zařadit mezi dluhopisy. Vydávají je hypoteční banky se speciální licencí od České národní banky pro získání finančních prostředků na hypoteční úvěry, které jsou kryté zástavou nemovitosti. Lze využít i náhradního krytí vysoce likvidními prostředky, jako jsou vklady na účtech u České národní banky nebo státní dluhopisy. Jedná se o jedny z nejbezpečnějších cenných papírů, jelikož jsou kryty zástavou nemovitosti a splátkami úvěru. Jsou většinou úročeny pevnou úrokovou sazbou, výnosy od roku 2008 podléhají 15% dani z příjmu. Doba splatnosti se pohybuje okolo 5 let a nominální hodnota od 10 000 Kč. Hypoteční

zástavní listy lze pořídit na pobočkách bank, které je vydávají nebo na burzách. Mají pouze podobu zápisu v registru cenných papírů, jsou tedy zaknihované (viz [11]).

Výhody dluhopisů:

- známý výnos v případě držení dluhopisů do splatnosti a pevné kupónové sazby,
- relativně velká bezpečnost i přes chybějící zákonné pojištění,
- vyšší výnos než u spořicíh účtů a termínovaných vkladů.

Nevýhody dluhopisů:

- v případě prodeje před splatností může být výnos menší,
- vlastnictví není spojeno s právem zasahovat do hospodaření emitenta,
- ceny některých dluhopisů se pohybují v milionech, nejsou tak dostupné pro všechny,
- dluhopisy podléhají úrokovému riziku.

3.5 Akcie

K vypracování jsem použila zdroj [8]. Akcie jsou majetkovým cenným papírem, s nímž jsou spojena práva vlastníka (akcionáře) na řízení podniku. Akcionář má právo na účast a hlasování ve valné hromadě, právo na podíl ze zisku (dividendy) a také právo na likvidační zůstatek. Dividendy nejsou vypláceny v případě, že je společnost nezisková, nebo se rozhodla použít zisk na investice. Dividendy je možné vyplácet v různých formách - peněžní, akciové (nabídnutí nových akcií) a majetkové (formou získání výrobků firmy nebo využití služeb poskytovaných firmou).

Nominální hodnota napsaná na akcii představuje podíl na základním jmění společnosti, součet všech nominálních cen vyjadřuje výši základního kapitálu. Tržní cena, za kterou se obchoduje na kapitálových trzích, se mění v závislosti na situaci na trhu. Může vzrůst až o několik set procent, ale také výrazně klesnout. Jedná se proto o rizikovou investici. Spekulanti se snaží na koupi akcií a jejím následným prodejem s vyšší tržní cenou vydělat.

Důležitost hlasovacího práva vychází z počtu (výše nominální ceny) vlastněných akcií. Většinou jedna akcie znamená jeden hlas. Vlastní-li někdo kontrolní balík akcií, může ostatní akcionáře přehlasovat. Chybné rozhodnutí akcionářů může vést až ke krachu společnosti.

V České republice lze s akciemi obchodovat na Burze cenných papírů Praha a v RM-Systému. Na Burze cenných papírů Praha pověřené osoby obchodují s veřejně obchodovatelnými cennými papíry. Mezi pověřené osoby patří členové Burzy, Česká národní banka a Ministerstvo financí České republiky. Tržní cena se utváří na základě nabídky a poptávky. RM-Systém umožňuje obchodovat i drobným investorům do českých i zahraničních akcií. Obchodování je možné provádět online.

Akcie lze stejně jako dluhopisy členit podle různých hledisek, např. podle druhu, podoby, majitele . . . Podle podoby se akcie dělí na listinné a zaknihované. K listinné akcii patří kupónový arch k výplatě dividend a talón k získání nového kupónového archu. Akcie je brána jako cenina, která by měla být chráněna ochrannými prvky. Tato informace není uzákoněna, proto je možné si akcie vytisknout i na domácí tiskárně, i když se jedná o jediný doklad o právech akcionáře. Akcie bez ochranných prvků mohou banky odmítnout dát do zástavy.

Podle formy existují akcie na jméno vydávané na konkrétní osobu a na majitele, se kterou disponuje její vlastník. Ten je pro společnost neznámý.

Podle druhu se akcie rozlišují na:

- obyčejné (kmenové) - základní typ akcií, které jsou spojené se všemi třemi právy akcionáře (viz výše),
- prioritní - akcie spojené s přednostním právem na výplatu dividend nebo podílem na likvidačním zůstatku, případně obojí, s omezením hlasovacího práva,
- zakladatelské (zlaté) - akcie vydané při založení akciové společnosti spojené s větším hlasovacím právem, současně se jedná o kmenové akcie,
- požitkové - akcie spojené s větším podílem na zisku nebo na likvidačním zůstatku,
- zaměstnanecké - vydávané zaměstnancům za zvýhodněnou cenu nebo jako forma motivace, při odchodu z jedné firmy do druhé je nutné akcie vrátit. Pouze u odchodu do důchodu je možné si je ponechat, po úmrtí je dědicové musí vrátit, pokud nejsou zaměstnanci firmy.

Výhody:

- majetkový cenný papír spojený s právy akcionáře,
- možnost vysokých zisků,

- neexistuje splatnost akcie, mohu ji kdykoliv prodat.

Nevýhody:

- výplata dividend není zaručena,
- není předem známá výše výnosu,
- vysoká rizikovost díky kolísání cen akcie.

3.6 Podílové fondy

Tato podkapitola vychází z [15]. Podílový fond není společnost s právní subjektivitou. Jedná se spíše o soubor aktiv. Fond nakupuje cenné papíry (akcie, dluhopisy), vlastní jich zhruba 50 - 100 druhů. O fungování fondu se starají investiční společnosti. Depozitář eviduje majetek fondu a kontroluje, zda s ním fond nakládá dle zákona. Regulátorem podílových fondů v České republice je Česká národní banka.

Podílové fondy prodávají (vydávají) podílové listy, aby tak získaly peníze od drobných vkladatelů pro investování na finančních trzích. Majitel podílových listů neboli podílník vlastní takovou část majetku fondu, která odpovídá podílu vlastněných listů.

Majetek fondu je nutné stále ohodnocovat kvůli informacím o výsledcích fondu. Aktuální tržní cena podílového listu není dána nabídkou a poptávkou. Je dána jako podíl součtu aktuálních tržních cen majetku fondu a počtu všech emitovaných podílových listů.

Při vstupu do fondu se platí vstupní poplatek na úhradu nákupu podílových listů a provizi zprostředkovateli. Pohybuje se okolo 0 - 5 % z vkladu. Dále se platí manažerský poplatek jednou ročně, který slouží k pokrytí nákladů za správu. Pohybuje se ve výši 0 - 2 % z celkového ročního vkladu. Některé fondy, zvláště ty zajištěné, si mohou účtovat také výstupní poplatek, jelikož investiční společnosti mohou vzniknout dodatečné náklady s předčasným vystoupením z fondu.

Podílové fondy lze rozdělit podle řady hledisek, např. podle obsahu fondů (investiční strategie), investora, způsobu řízení. Velký počet druhů podílových fondů vede k možnosti výběru takového fondu, který bude nejlépe splňovat požadavky investora.

Podílové fondy se podle obsahu (investiční strategie) dělí na:

- fondy peněžního trhu - jedná se o alternativu bankovních vkladů, obsahují krátkodobé dluhové cenné papíry, zejména pokladniční poukázky a depozitní

certifikáty. Typická je malá kolísavost, ale také nízký výnos. Doba investice je 1 - 2 roky.

- dluhopisové - s obsahem převážně střednědobých dluhopisů, délka investice je okolo 3 - 5 let,
- akciové - obsahem jsou převážně akcie, pro delší období jde o nejvýnosnější fond, ale s největší mírou kolísání, vhodný pro investiční horizont 7 let a více, kdy se vyrovnávají krátkodobé výkyvy.
- smíšené příp. vyvážené - obsahují větší počet akcií a dále rizikovější dluhopisy a nástroje peněžního trhu, doporučený investiční horizont je 3 - 7 let,
- nemovitostní - nakupují nemovité věci a cenné papíry s nimi spojené,
- komoditní - vlastní deriváty spojené s komoditami, lze je rozdělit na zemědělské produkty, technologické suroviny a drahé kovy, jedná se o rizikovější fondy,
- devizové - vlastní měny různých států,
- fondy fondů - nakupují podílové listy jiných fondů, portfolio je tedy více diverzifikované, většinou jsou spojené s vyššími náklady než u klasických podílových fondů.

Podle investora je možné podílové fondy členit na:

- fondy pro drobné investory - jsou určeny pro širokou veřejnost, vhodné pro drobné investory díky možnosti malých investičních částek,
- fondy pro institucionální investory - jsou určené pro orgány státní správy a korporace, minimální částky k investování jsou vyšší, vhodné k investování rezerv,
- fondy kvalifikovaných investorů - většinou nejsou k dispozici široké veřejnosti kvůli neveřejným nabídkám. Většinou investují do umění, veteránů a vína. Podmínkou kvalifikovaných fondů je min. 2, max. 100 investorů a vklad jednoho podílníka je aspoň 1 mil. Kč.

Podle způsobu řízení se fondy dělí na:

- aktivně řízené fondy - investiční strategie závisí na situaci na trhu, manažer fondu přizpůsobuje majetek investičním příležitostem, správní náklady jsou vyšší,

- pasivně řízené fondy - investiční strategie je stanovena na začátku, nakoupí se cenné papíry, které pak fond drží ve vlastnictví. Může docházet k větším výkyvům, správní náklady jsou menší.
- indexové fondy - snaží se dosahovat podobných výsledků jako sledovaný index.

Mezi stále více populární podílové fondy patří zajištěný fond. Je známý také pod názvem garantovaný nebo ochranný. Na rozdíl od klasických podílových fondů má dobu splatnosti a garanta. Ten garantuje vrácení vkladu v době splatnosti a případně i výnos. Doba splatnosti se pohybuje okolo 5 let a více. Je možné z fondu vystoupit i dříve, ale většinou za ne příliš dobrých podmínek. Banka větší část vkladu investuje do dluhopisů, které jí v době splatnosti zajistí garantovaný vklad a zbytek investuje nejčastěji do opcí. Výše výnosu se zjišťuje buď v době splatnosti (dle situace na trhu) nebo průběžně. Podle toho se pak tyto fondy dělí na jednoduché nebo zaklikávací. Tyto fondy jsou vhodné pro investora, který již má naspořené značné prostředky o nichž ví, že je bude zhruba za 5 let potřebovat např. na důchod a chce udržet jejich hodnotu, tj. nechce se o ně připravit rizikovějším investováním.

Je možné se setkat s fondy životního cyklu, které zajišťují, aby vložené peníze v době splatnosti nebyly ovlivněny výkyvy v ekonomice. Jedná se o fondy s dlouhou dobou splatnosti, jsou tedy vhodné pro mladé do 40 let. Finanční prostředky jsou strukturované do různých instrumentů dle rizikovosti. Na začátku do rizikovějších, čím víc se blíží doba splatnosti, tím víc rizikovost klesá.

Fondy rozvíjejících se ekonomik investují do oblastí s potenciálem velkého dlouhodobého růstu. Fondy velkých hráčů (Blue Chips fondy) investují do renomovaných značek jako Coca Cola, Microsoft, ... Fondy teritoriálně zaměřené na území (americké, evropské, ...) nebo konkrétní stát jsou spolu s fondy rozvíjejících se ekonomik rizikovější investice. Sektorové fondy se zaměřují na finance, luxusní zboží, moderní technologie, ..., diverzifikace je nízká, tím pádem je riziko větší.

Výhody podílových fondů:

- bez omezení splatnosti (kromě zajištěných fondů a fondů životního cyklu),
- možnost kdykoliv do fondu vstoupit i vystoupit,
- relativní bezpečnost díky možnosti diverzifikace,
- profesionální správa investičními společnostmi,
- pravidelná měsíční investice již od 500 Kč,

- výběr rizikovosti.

Nevýhody podílových fondů:

- poplatky (vstupní, výstupní, ...),
- riziko je větší než u jiných bankovních produktů, hlavně u agresivnějších fondů,
- výnosy některých fondů nejsou moc vysoké,
- bez možnosti ovlivňovat zaměření investice,
- neprůhlednost zajištěných fondů kvůli složitému strukturování.

3.7 Finanční deriváty

Viz [10], [21]. Jedná se o nejmladší investiční možnosti. Vznikly ve druhé polovině 20. století, jejich největší boom přišel v 70. a 80. letech díky velkému kolísání měnových kurzů a úrokových měr a snahou obchodníků zajistit se proti výkyvům.

Derivát je finanční instrument, který musí splňovat tři vlastnosti. První vlastností je odvození z nějakého podkladového instrumentu např. akcie, obligace, komodity. Hodnota derivátu pak závisí na hodnotě podkladového instrumentu. Druhou vlastností je termínový charakter, na kterém se dohodnou obě strany. Poslední vlastnost, kterou musí derivát splňovat je bezplatné sjednání, příp. s minimální cenou vzhledem k hodnotě derivátu.

Deriváty vznikly z důvodu zajištění se proti budoucímu růstu nebo poklesu ceny. V průběhu času přibyl další motiv ke koupi - spekulace. V poměru k počáteční investici je možné dosahovat velkých zisků. U tohoto investičního instrumentu je totiž dosahováno finančního pákového efektu, kdy zisk či ztráta je mnohem vyšší, např. koupím si derivát za 2 000 Kč, jehož podkladovým instrumentem bude akcie v nominální hodnotě 1 000 000 Kč. Cena akcie vzroste o 1 000 Kč, tím pádem také cena derivátu vzroste zhruba o 1 000 Kč. Cena akcie se zvýšila o 0,1 %, kdežto cena derivátu vzrostla o 50 %. Došlo tedy k mnohonásobně vyššímu zisku než kdybych vlastnila akcii.

U finančních derivátů figurují dva subjekty - prodejce derivátu a kupující derivátu. Na začátku je dohodnuta realizační cena, kterou zaplatí kupující v době splatnosti. Deriváty jsou také nazývány jako hra s nulovým součtem, tzn. zisk jedné strany je roven ztrátě druhé strany. Většinou je těžké najít kupce derivátu, kterému by vyhovovaly stejné podmínky jako prodejci. Pak je možné využít obchodování OTC (over the counter - přes přepážku), kdy si daný obchod vezme na starosti

banka. Druhou možností je burzovní trh, kde dochází k obchodování s deriváty (např. evropská elektronická burza s finančními deriváty Eurex).

Mezi finanční deriváty patří nepodmíněné kontrakty (forwardy, futures, swapy) a podmíněné (opční) kontrakty (opce). U opcí si protistrany nejsou rovny.

3.7.1 Forwardy

Patří mezi nejjednodušší a nejstarší deriváty. Májí podobu smlouvy mezi prodávajícím a kupujícím, kteří se dohodnou na budoucím okamžiku vypořádání, na realizační ceně v době vypořádání a na množství podkladového instrumentu. Jako první se objevily v zemědělství k zajištění výkyvů cen mezi uzavřením obchodu a jeho vypořádáním. Prodejce se jistí proti poklesu ceny, kdežto kupující se jistí proti růstu ceny. Forwardová cena se většinou liší od aktuální ceny podkladového instrumentu. Obě strany se na ní dohodnou podle užitku, který jim tento obchod přinese, s přihlédnutím, že obchod bude vypořádán v budoucnosti. Strany se většinou navzájem znají.

Jedná se o mimoburzovní kontrakt, jelikož jeho všechny dohodnuté podmínky nemusí vyhovovat pevným burzovním podmínkám. Každý konkrétní forward je stanoven tak, aby vyhovoval oběma stranám. Je jim tedy „ušitý na míru“. Z toho důvodu je také těžké odprodat forward třetí straně. Ne každému individuálně stanovené podmínky musí vyhovovat.

Podle druhu podkladového instrumentu se forwardy mění na komoditní, měnové, akciové a úrokové. U komoditních se stanoví výměna komodity za peníze či jinou komoditu při předem stanovené ceně a termínu. Stejně tak funguje měnový forward (v budoucnu výměna dvou měn při předem stanoveném kurzu), akciový (budoucí výměna akcie za peníze při předem stanovené ceně) či úrokový (výměna peněz při předem stanoveném úroku).

Mezi nejpoužívanější forwardový kontrakt patří FRA (Forward Rate Agreements), nejčastěji uzavíraný mezi dvěma bankami. Ty si zaručí na nějaké budoucí období úrokovou sazbu (FRA), která je sjednána ve forwardovém kontraktu (smlouvě). Vyplacen je pak pouze rozdíl mezi úrokovou sazbou FRA a aktuální úrokovou sazbou. Tento kontrakt je nejčastěji sjednáván na období do 1 roku.

Výhody forwardů:

- stanovení podmínek na míru,
- žádné náklady a provize.

Nevýhody forwardů:

- nízká likvidita, jelikož je těžké prodat derivát třetí straně (stanovené podmínky nemusí jen tak někomu vyhovovat),
- odstoupit lze pouze v případě dohody obou stran, přičemž musí dojít k vypořádání.
- riziko je větší, jelikož realizační cena vychází z předpovědi budoucnosti, navíc může selhat protistrana.

3.7.2 Futures

Tento kontrakt vznikl ve druhé polovině 19. století v Chicagu, má podobu smlouvy mezi dvěma stranami, které mají závazek koupit nebo prodat ve stanoveném termínu podkladový instrument v dané kvalitě za předem stanovenou cenu. Žádný subjekt nemůže z tohoto kontraktu vystoupit. Rozdíl mezi futures a forwardy je takový, že futures jsou obchodovatelné na burzách.

Protistrany se v tomto obchodě většinou neznají. Burza tu funguje jako zprostředkovatel mezi klienty, kdy jeden chce prodat a druhý chce koupit. Každá burza má stanovené své smluvní podmínky, jedná se tedy o standardizovaný kontrakt. Na burze dochází ke každodennímu ohodnocování futures. Pokud si chce někdo futures koupit, musí zaplatit marži, což je částka vycházející z maximální možné sumy, kterou může obchodník za den prodělat. Burza se tak chrání před krachem.

Podkladovým aktivem mohou být peníze, akcie, dluhopisy, měny, indexy a komodity. Nejčastější komoditou je zemní plyn, ropa a zlato. Cílem většinou není fyzicky převzít toto podkladové aktivum, obchodník spíše spekuluje s vývojem cen tohoto aktiva. Vlastnit futures mohou i drobní investoři. Jelikož na burze mohou obchodovat pouze členové, musí jim tento obchod zařídit burzovní makléři, kteří si za tuto práci účtují poplatky.

Výhody futures:

- vyšší likvidita díky obchodovatelnosti na burze,
- burza na sebe bere záruku serióznosti provedení obchodu.

Nevýhody futures:

- realizační cena vychází z předpovědi, riziko je tedy vysoké,
- makléřské poplatky.

3.7.3 Swapy

Swap má podobu dohody mezi dvěma nebo více stranami. Jeho úkolem je zajistit finanční toky nebo toky podkladového aktiva v budoucnosti. Což vyplývá i z překladu anglického slova swap, které znamená „prohodit, vyměnit“. K výměně nedochází pouze jednou jako u forwardů, ale v několika stanovených termínech. K jeho obchodování probíhá na OTC trhu, nejedná se tedy o burzovní kontrakt. U swapů nedochází ke změně smluvních stran, strany jsou tedy odpovědné po celou dobu za své závazky.

Swapy jsou nejčastěji používány k zajištění proti úrokovému a měnovému riziku, podle toho se používá úrokový a měnový swap.

Některé společnosti mají příjem v podobě fixního úroku, ale výhodnější by pro ně byl pohyblivý úrok. Například hypoteční banky mají velké pevné příjmy z poskytnutých hypoték, proto jsou velmi citlivé na změnu úrokových měr. Jiné firmy by naopak uvítaly pevné úrokové sazby. K tomu slouží úrokový swap (interest rate swap), který dokáže přeměnit pevné úrokové sazby na pohyblivé a naopak. Většinou nedochází k výměně jistiny, ta slouží pouze k výpočtu úroků. Finanční toky jsou u swapů ve formě rozdílu úroků vypočtených zjistit pomocí pevné a pohyblivé úrokové míry.

Měnový swap (currency swap) se používá nejčastěji v zahraničním obchodu, kdy dochází k peněžním tokům v různých měnách. Podkladovými aktivy jsou dvě různé měny. Dvě země si mezi sebou vymění jistiny, ze kterých si pravidelně platí úroky a pak si tyto jistiny opět vymění za předem dohodnutý kurz.

Výhody swapu:

- žádné poplatky spojené s obchodováním,
- průběžný peněžní tok,
- ochrana před výkyvy sledovaných ukazatelů.

Nevýhody swapu:

- nízká likvidita,
- odstoupení pouze v případě porušení podmínek nebo dohodou obou stran,
- rizikovost z důvodu odhadu budoucího kurzu, úrokové míry, ...

3.7.4 Warranty

Slovo warrant pochází z angličtiny a znamená „právo“. Warrant je považován za jeden z rizikových cenných papírů, který je spojen s právem (ne s povinností) budoucího odkupu nebo prodeje podkladového aktiva v předem stanovený den, v daném množství a předem stanovené ceně.

Warranty vydávají nejčastěji velké světové banky, které stanoví podmínky. Cena warrantu není stanovena nabídkou a poptávkou jako u akcie, ale vychází z ceny podkladového instrumentu. Je-li tento cenný papír spojený s právem nákupu, nazývá se kupní (call) warrant. Cenný papír s právem prodeje se nazývá prodejní (put) warrant. U amerického warrantu, který se používá nejvíce, je možné právo uplatnit kdykoliv do splatnosti. Evropské warranty lze uplatnit pouze v době splatnosti.

S warranty se obchoduje na burze nebo je možné je pořídit přímo u emitenta. Životnost warrantu se pohybuje v několika letech. Podkladem mohou být akcie, obligace, měna, indexy, . . . Jelikož jsou spojeny s právem, ale ne povinností, uplatňuje majitel warrant tehdy, pokud je to pro něj výhodné. Košové warranty umožňují koupit rovnou celý koš akcií různých společností.

Výhody warrantu:

- možnost uplatnit právo kdykoliv do splatnosti u amerického warrantu,
- nízká cena,
- možnost velkých výnosů díky pákovému efektu.

Nevýhody warrantu:

- velice rizikový cenný papír,
- malé emitované množství,
- možnost velkých ztrát díky pákovému efektu,
- warranty nejsou spojeny s právem na dividendy a hlasovacím právem.

3.7.5 Opce

Opce představují stejně jako warranty právo koupit nebo prodat podkladový instrument za danou cenu. Protistrany si nejsou rovny. Pouze jedna strana má možnost rozhodnout se, jestli opci uplatní nebo ne. Majitel opce se může rozhodnout, jestli opci uplatní nebo ji nechá propadnout nebo ji prodá třetí osobě. Druhá strana (vydavatel opce) má naopak povinnost prodat nebo koupit podkladové aktivum,

pokud bude chtít majitel opci uplatnit. Za tuto nevýhodnou pozici je odměněn tzv. opční prémie. To je cena opce, kterou mu zaplatí ten, kdo opci koupil. Tato opční prémie je většinou minimální v poměru k tržní ceně podkladového aktiva. Podkladovým aktivem nejčastěji bývají akcie, dluhopisy, měna, indexy či komodity.

Opce slouží jako pojistka proti výkyvům cen nebo ke spekulacím. Používají se také u zajištěných fondů, kdy se větší část peněz investuje do obligací a menší část do opcí. Prodejní (put) opce je spojena s právem prodat aktivum, kupní (call) opce je spojena s právem koupit podkladové aktivum. Evropské opce lze uplatnit pouze v době splatnosti, kdežto americké kdykoliv od doby sjednání do doby splatnosti. Čím je doba splatnosti delší, tím více to táhne jejího majitele ke spekulacím, jelikož výkyvy cen podkladového aktiva jsou pravděpodobnější. Opce jsou obchodovatelné na burze i na OTC trzích.

Opce jsou velmi podobné warrantům. Liší se tím, že se nejedná o cenné papíry jako u warrantů. Doba splatnosti opci je v řádech několika měsíců, kdežto u warrantů několik let. Opci může vypsát kdokoli, warrant může vypsát pouze emitent. Cena opce je většinou vyšší.

Výhody opce:

- možnost opci neuplatnit,
- pro kupce opce je díky právu, ale ne povinnosti, výhodná.

Nevýhody opce:

- poplatek ve formě opční prémie.

3.8 Komoditní trhy

Na komoditních trzích dochází k obchodování s komoditami. Mezi komodity patří všechno možné od zemědělských plodin (káva, pšenice, kukuřice, ...), přes maso, kovy (zlato, stříbro, platina, měď, ...) až po energie jako je ropa, benzín, zemní plyn, ...

Obchodování s komoditami začalo již ve středověku hlavně zemědělskými produkty. Zemědělci potřebovali mít zaručeno, že své vypěstované produkty prodají, aby měli peníze na živobytí. Obchodníci zase potřebovali mít jistotu, že budou mít co prodávat. A tak ještě před dozráním plodin docházelo k dohodě, že zemědělci prodají ve stanovenou dobu, za stanovenou cenu vypěstované produkty a obchodníci tyto produkty ve stanoveném termínu a za stanovenou cenu odkoupí. Jednalo se tedy o derivát futures.

V současnosti dochází k obchodování s komoditami na komoditních burzách, na které dohlíží příslušné úřady. Komoditní burzu Praha kontroluje Ministerstvo zemědělství České republiky. Hlavně velkoodběratelé využívají termínových kontraktů jako jsou futures, aby se tak pojistili proti výkyvům cen. Druhým motivem k obchodování jsou spekulace. Komodity je možné fyzicky vlastnit nebo je možné investovat do fondů, které komodity nakupují. Další možností, jak získat výnosy z komodit, je investice do akcií těžařských společností.

Výhody obchodování s komoditami:

- možnost velkých zisků.
- vývoj ceny je jiný než u akcií.
- schopnost těžit z růstů cen komodit.

Nevýhody obchodování s komoditami:

- poplatky spojené s obchodováním na burze.
- ceny komodit se mohou vyvinout nečekaně.
- jsou nutné znalosti.

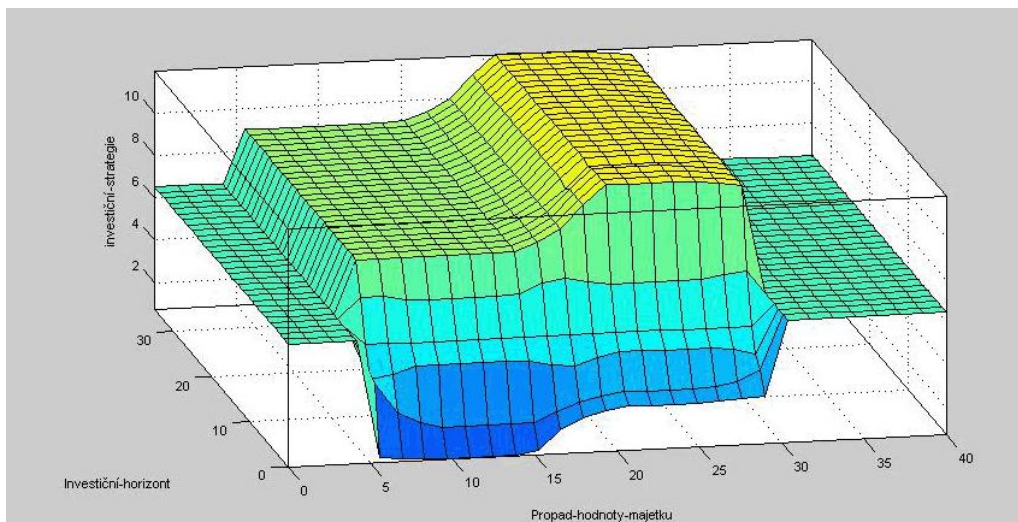
4 Praktická část

V této části diplomové práci zužitkuji nastudované informace z předchozích kapitol k vytvoření fuzzy regulátoru pro doporučování investičních strategií. Z předchozí kapitoly je patrné, že existuje mnoho možností k investování. Je těžké se rozhodnout pro některou z nich, zvláště pokud neznám všechny potřebné informace. Tento fuzzy regulátor by měl potenciálnímu investorovi pomoci rozhodnout se správně.

4.1 Původní fuzzy regulátor

Prvním nápadem bylo vytvořit fuzzy regulátor s pěti vstupy a jedním výstupem. Prvním ze vstupů byl investiční horizont s termy krátký, střední, delší a dlouhý definovaný na univerzu $\langle 0, 35 \rangle$. Druhou vstupní jazykovou proměnnou byla částka k investování měsíčně definovaná na univerzu $\langle 500, 20000 \rangle$ s termy nízká, střední, vysoká a velmi vysoká. Třetí jazykovou proměnnou byly znalosti investora na univerzu $\langle 0, 30 \rangle$ s termy podprůměrné, průměrné a nadprůměrné. Předposlední vstupní jazykovou proměnnou byly zkušenosti investora definované na univerzu $\langle 0, 24 \rangle$ s termy velmi malé, malé, střední a velké. Poslední proměnnou byl propad hodnoty majetku definovaný na univerzu $\langle 0, 40 \rangle$ s termy žádný až velmi nízký, nízký, střední a vysoký.

Výstupní jazykovou proměnnou byla investiční strategie na univerzu $\langle 0, 13 \rangle$ s termy bezpečí a jistota, konzervativní, hodnotová, růstová a dynamická. Báze pravidel byla vytvořena jako všechny možné kombinace termů vstupních jazykových proměnných. Vzniklo tak 768 pravidel. I přes snahu zredukovat počet pravidel na 239, tak se s takto objemnou bází pravidel špatně pracovalo. Výsledná funkce se nechovala „rozumně“ (viz obr. 6).



Obr. 6: Výsledná funkce chování původního fuzzy regulátoru

Výsledná funkce na obr. 6 je pro vstupní jazykové proměnné investiční horizont a maximální propad hodnoty majetku, který investor ustojí. Od výstupní funkce bych očekávala, že bude neklesající. Neboli čím větší propad majetku investor ustojí a na čím delší období může peníze odložit, tím rizikovější strategii by mu měl regulátor doporučit. Z obrázku je patrné, že pro hodnoty propadu majetku 30 a výše došlo k poklesu, i když bych očekávala doporučení spíše dynamické strategie.

Vzhledem k mohutnosti fuzzy regulátoru a absenci dat, na základě kterých by bylo možné bázi pravidel sestavit, došlo ke zjednodušení. Vznikly tak dva jednodušší fuzzy regulátory. Báze pravidel tohoto fuzzy regulátoru je k nahlédnutí v elektronické podobě v excelovském souboru Báze pravidel na přiloženém CD.

4.2 Rozdělení fuzzy regulátorů

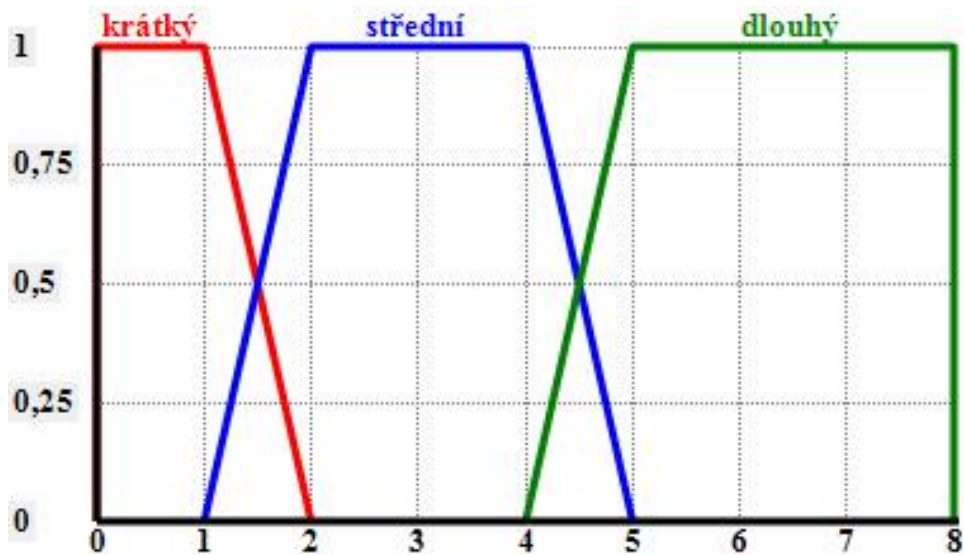
Hlavní myšlenkou na zjednodušení původního fuzzy regulátoru bylo jeho rozdělení na dva menší fuzzy regulátory. Oba měly stejnou výstupní proměnnou, tedy investiční strategii. V závěru by pak byla doporučena spíše ta opatrnější ze dvou navržených strategií.

Většina vstupních jazykových proměnných zůstala stejná jako u původního fuzzy regulátoru. Počet termů jazykových proměnných Zkušenosti a Investiční horizont byl ponížěn na tři. Proměnná měsíční částka k investování byla zrušena úplně. Po důkladném promyšlení bylo rozhodnuto, že částka k investování není až tak směrodatná. Do většiny investičních instrumentů lze investovat jak malé, tak vysoké částky. Je tedy na uvážení investora, kolik finančních prostředků chce uložit do zvolených finančních instrumentů.

U obou zjednodušených regulátorů tak budu předpokládat, že investor má nějaké volné finanční prostředky k investování, pouze neví, jakým způsobem by je mohl co nejlépe zhodnotit.

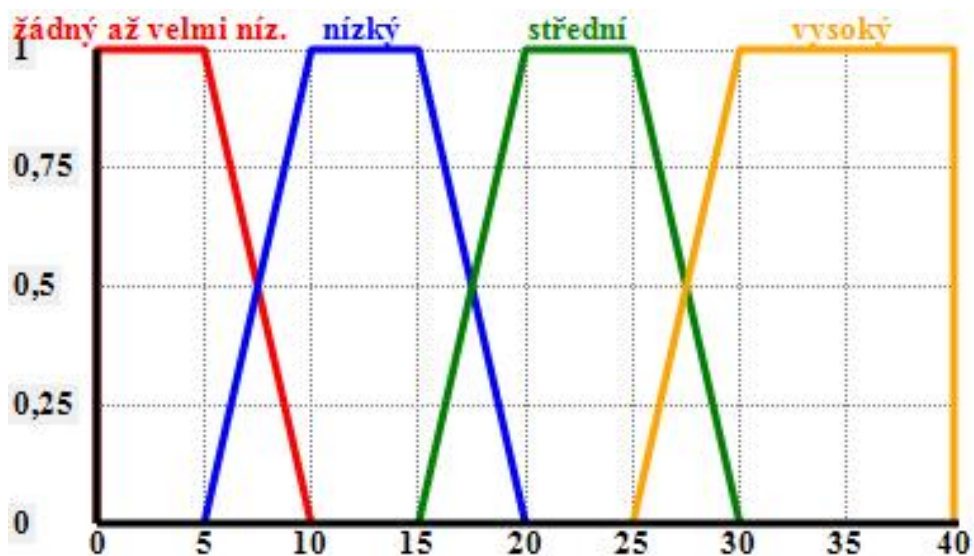
4.2.1 Fuzzy regulátor s investičním horizontem a propadem hodnoty investice

Tento fuzzy regulátor má dvě vstupní jazykové proměnné, na základě kterých bude doporučena investiční strategie. První vstupní jazykovou proměnnou je Investiční horizont definovaný na univerzu $\langle 0, 8 \rangle$, kdy konec intervalu je brán jako 8 a více. Hodnoty představují počet let, na které je investor schopen uložit peníze do investičních instrumentů. Termy investičního horizontu jsou krátký, střední a dlouhý (viz obr. 7).



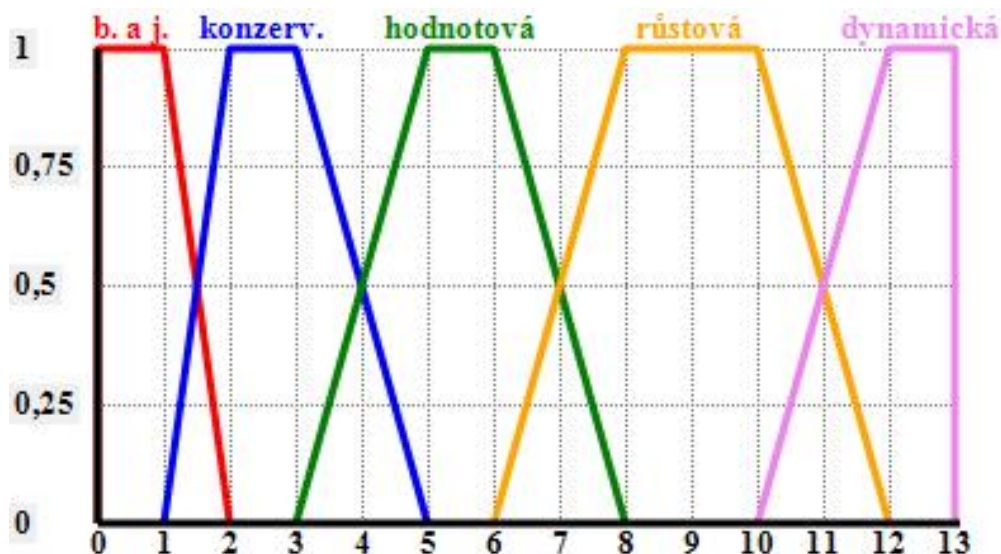
Obr. 7: Vstupní proměnná investiční horizont

Druhou vstupní jazykovou proměnnou tohoto fuzzy regulátoru je Maximální propad hodnoty investice definovaný na univerzu $\langle 0, 40 \rangle$, což představuje maximální propad celkové hodnoty investice vyjádřený v procentech z této hodnoty, který je ještě investor schopen ustát, aniž by od investice odstoupil. Termy této vstupní proměnné jsou žádný až velmi nízký, nízký, střední a vysoký (viz obr. 8).



Obr. 8: Vstupní proměnná propad hodnoty investice

Výstupní proměnnou pro tento fuzzy regulátor jsou Investiční strategie. Univerzum této proměnné je $\langle 0, 13 \rangle$. Hodnoty z tohoto intervalu znamenají očekávaný výnos v % p. a. v jednotlivých strategiích. Termy investiční strategie jsou Bezpečí a jistota, Konzervativní, Hodnotová, Růstová a Dynamická (viz obr. 9).



Obr. 9 Výstupní proměnná investiční strategie

Jak už vyplývá z názvu, strategie Bezpečí a jistota je nejméně riziková strategie. Tato bezpečnost uložených finančních prostředků je kompenzována nízkým výnosem. Strategie doporučuje ukládat volné peněžní prostředky do bankovních produktů např. spořicí účty, termínované vklady a stavební spoření. Výnos na těchto produktech se momentálně pohybuje okolo 1 - 2 % p. a. Zhodnocení je tedy menší než inflace. Tato strategie je vhodná pro investory, kteří mají málo zkušeností s investováním, ustojí spíše jen malé riziko (bojí se o návratnost investice) a jsou neznalí v možnostech investování.

Konzervativní strategie také patří mezi bezpečnější strategie avšak s výnosem vyšším než u Bezpečí a jistoty. V dnešní době se výnos při dodržování této strategie pohybuje okolo 3 % p. a., což je více než inflace (průměrná inflace za rok 2013 je 1,4 % dle [22]). Mezi hlavní investiční instrumenty této strategie patří krátkodobé a střednědobé státní dluhopisy, vkladové listy, pokladniční poukázky a fondy peněžního trhu. Tato strategie má hlavně zabránit znehodnocování uložených finančních prostředků v čase a je vhodná pro krátkodobý až střednědobý horizont.

U Hodnotové strategie je doporučený minimální horizont 2 roky, větší bezpečnosti je dosahováno v delším období. Tato strategie se zaměřuje na hodnotové akcie (akcie firem s dlouholetou tradicí a stabilním ziskem) a dluhopisové fondy. Předpokládaný výnos se pohybuje okolo 5 - 6 % p. a.

Doporučený investiční horizont Růstové strategie je 5 let. Investiční strategie využívá k investování podílové fondy, akciové fondy a hlavně akcie atraktivních firem, u kterých se očekává budoucí růst. Výnos se pohybuje okolo 8 - 10 % p. a.

O to víc se jedná o rizikovější investiční strategii, jelikož dochází k většímu kolísání.

Poslední a zároveň nejrizikovější strategií je Dynamická. Ideální horizont se pohybuje okolo 8 let, při nižším horizontu investor podstupuje větší riziko. Očekávaný výnos u této strategie je zhruba 10 - 12 % p. a. Nejpoužívanějšími investičními instrumenty u této strategie jsou podílové fondy, fondy nemovitostí, světové akcie, finanční deriváty a komoditní trhy. Pro investování do těchto instrumentů se doporučuje vysoká zkušenost s investováním a dobré znalosti těchto investičních možností.

Protože jsem neměla možnost získat data, vytvořila jsem bázi pravidel expertně. Tento fuzzy regulátor obsahuje 12 pravidel:

1. *Jestliže propad hodnoty investice je žádný až velmi nízký a investiční horizont je krátký, pak investiční strategie je Bezpečí a jistota.*
2. *Jestliže propad hodnoty investice je žádný až velmi nízký a investiční horizont je střední, pak investiční strategie je Konzervativní.*
3. *Jestliže propad hodnoty investice je žádný až velmi nízký a investiční horizont je dlouhý, pak investiční strategie je Konzervativní.*
4. *Jestliže propad hodnoty investice je nízký a investiční horizont je krátký, pak investiční strategie je Konzervativní.*
5. *Jestliže propad hodnoty investice je nízký a investiční horizont je střední, pak investiční strategie je Konzervativní.*
6. *Jestliže propad hodnoty investice je nízký a investiční horizont je dlouhý, pak investiční strategie je Hodnotová.*
7. *Jestliže propad hodnoty investice je střední a investiční horizont je krátký, pak investiční strategie je Konzervativní.*
8. *Jestliže propad hodnoty investice je střední a investiční horizont je střední, pak investiční strategie je Hodnotová.*
9. *Jestliže propad hodnoty investice je střední a investiční horizont je dlouhý, pak investiční strategie je Růstová.*
10. *Jestliže propad hodnoty investice je vysoký a investiční horizont je krátký, pak investiční strategie je Hodnotová.*

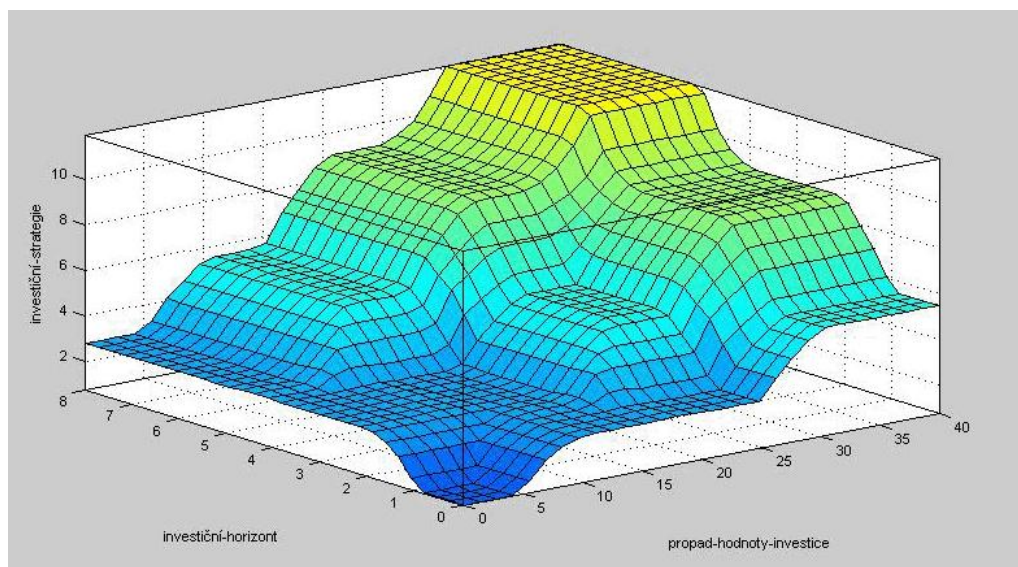
11. Jestliže propad hodnoty investice je vysoký a investiční horizont je střední, pak investiční strategie je Růstová.
12. Jestliže propad hodnoty investice je vysoký a investiční horizont je dlouhý, pak investiční strategie je Dynamická.

Pravidla je také možné zapsat do tabulky (viz. tab. 1).

Báze pravidel fuzzy regulátoru		Propad hodnoty investice			
		žádný až velmi nízký	nízký	střední	vysoký
Investiční horizont	krátký	bezpečí a jistota	konzervativní		hodnotová
	střední	konzervativní	konzervativní	hodnotová	růstová
	dlouhý		hodnotová	růstová	dynamická

Tab. 1 Báze pravidel pro první fuzzy regulátor

K vytvoření fuzzy regulátoru jsem použila Fuzzy Logic Toolbox v Matlabu, který umožňuje ladit bázi pravidel díky grafu výsledné funkce chování fuzzy regulátoru. Jak už jsem zmínila výše, od této funkce se očekává, že bude neklesající. Výsledná funkce tohoto fuzzy regulátoru je znázorněna na obr. 10.



Obr. 10 Výsledná funkce prvního fuzzy regulátoru

Z obrázku je patrné, že výsledná funkce chování tohoto regulátoru je opravdu neklesající ve všech parametrech. Neobjevují se žádné prohlubně ani propady jako

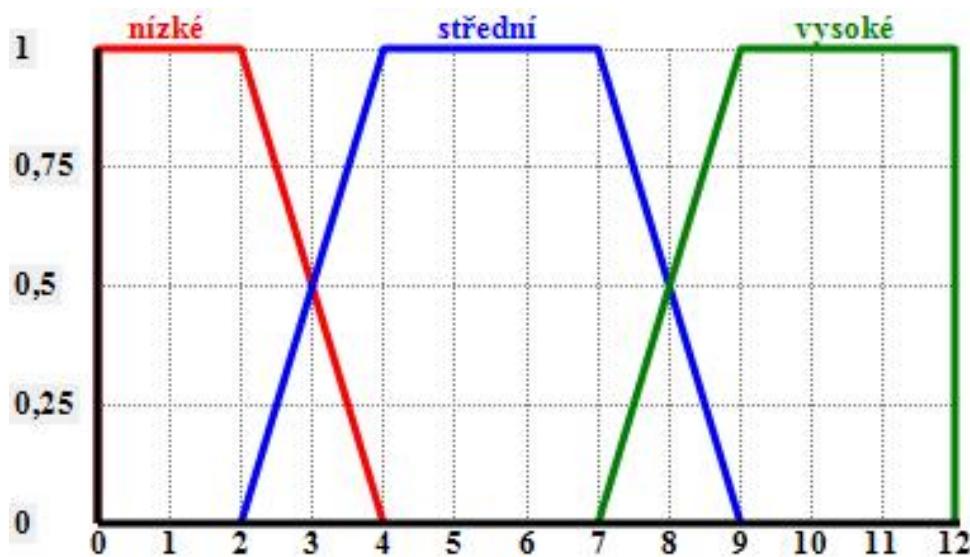
u původního fuzzy regulátoru. Obrázek také ukazuje, že nízkým hodnotám propadu hodnoty investice a krátkému horizontu odpovídá nejméně výnosná strategie. Čím větší propad hodnoty investice je investor schopný ustát a na čím delší období může své volné finanční prostředky postrádat, tím výnosnější a rizikovější strategii mu fuzzy regulátor doporučí.

Na základě obr. 10 považuji tento fuzzy regulátor jako vhodně sestavený. Ladění báze pravidel není potřeba.

4.2.2 Fuzzy regulátor se zkušenostmi a znalostmi investora

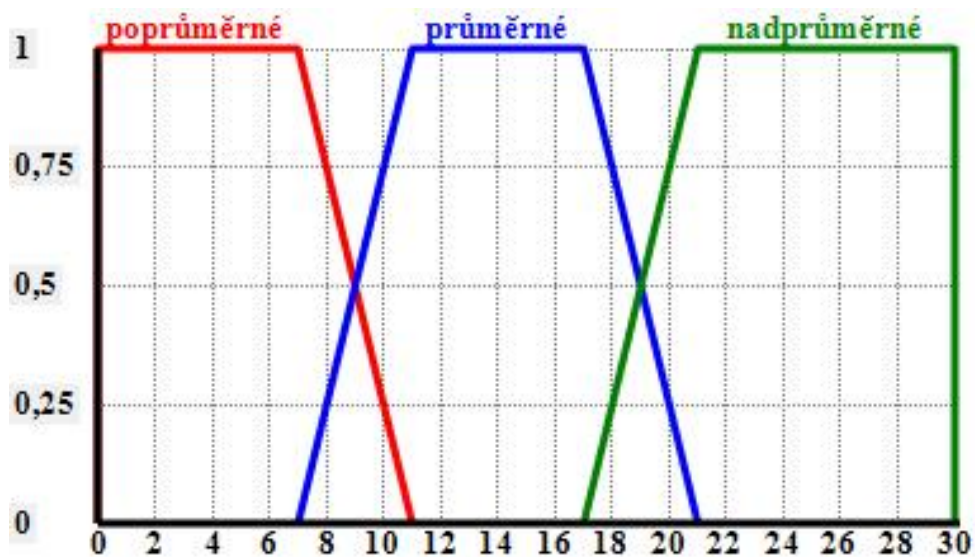
I tento fuzzy regulátor má dvě vstupní jazykové proměnné. Tyto proměnné jsem schválně nechala dohromady, jelikož si myslím, že k sobě obsahově pasují.

První vstupní jazykovou proměnnou jsou Zkušenosti investora, které jsou vyjádřené pomocí počtu prováděných investičních obchodů za rok. Pod pojmem investiční obchody jsou považovány investice do akcií, obligací, podílových fondů, finančních derivátů a komodit, nikoliv úložky na spořicích účtech. Univerzum je tedy $\langle 0, 12 \rangle$. Termy této vstupní proměnné jsou slova nízké, střední a vysoké (viz obr. 11).



Obr. 11 Vstupní proměnná zkušenosti

Druhou vstupní proměnnou jsou Znalosti investora, které změřím dotazníkem, ve kterém může investor získat až 30 bodů. Univerzum je tedy $\langle 0, 30 \rangle$. Termy této proměnné jsou podprůměrné, průměrné a nadprůměrné (viz obr. 12).



Obr. 12 Vstupní proměnná znalosti

Výstupní proměnnou tohoto fuzzy regulátoru jsou stejné investiční strategie jako u předchozího regulátoru s investičním horizontem a propadem hodnoty investice.

Báze pravidel obsahuje 8 pravidel:

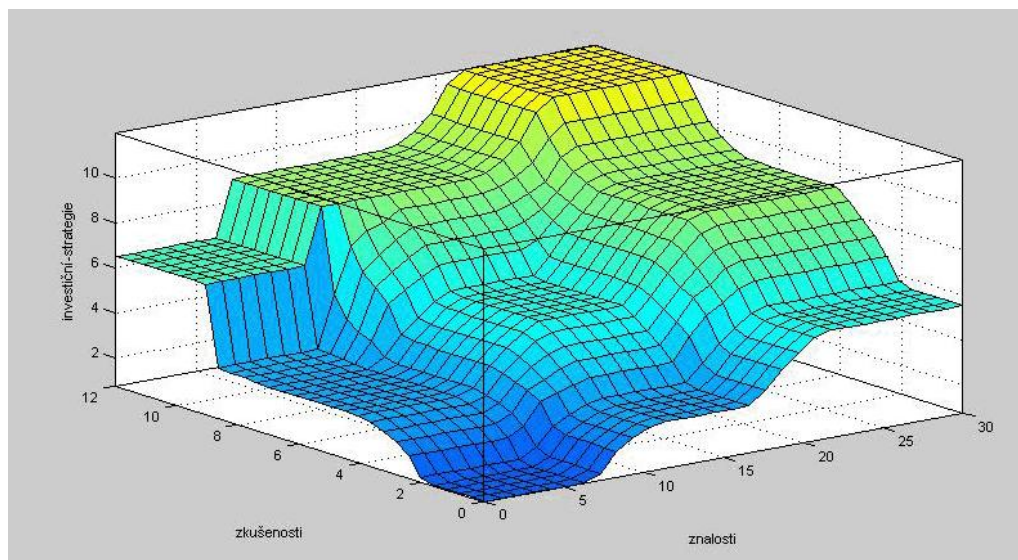
1. *Jestliže jsou znalosti podprůměrné a zkušenosti jsou nízké, pak investiční strategie je Bezpečí a jistota.*
2. *Jestliže jsou znalosti podprůměrné a zkušenosti jsou střední, pak investiční strategie je Konzervativní.*
3. *Jestliže jsou znalosti průměrné a zkušenosti jsou nízké, pak investiční strategie je Konzervativní.*
4. *Jestliže jsou znalosti průměrné a zkušenosti jsou střední, pak investiční strategie je Hodnotová.*
5. *Jestliže jsou znalosti průměrné a zkušenosti jsou vysoké, pak investiční strategie je Růstová.*
6. *Jestliže jsou znalosti nadprůměrné a zkušenosti jsou nízké, pak investiční strategie je Hodnotová.*
7. *Jestliže jsou znalosti nadprůměrné a zkušenosti jsou střední, pak investiční strategie je Růstová.*
8. *Jestliže jsou znalosti nadprůměrné a zkušenosti jsou vysoké, pak investiční strategie je Dynamická.*

Opět tuto bázi pravidel zobrazím i formou tabulky (viz tab. 2). Z té je patrné, že pravidel mělo být devět, ale jejich pouze osm. Jedna kombinace (Znalosti jsou podprůměrné a zkušenosti jsou vysoké.) je podle mě nemožná. Vysoké zkušenosti v tomto regulátoru znamenají okolo deseti obchodů za rok do akcií, obligací, podílových fondů . . . Takový člověk musí mít nějaké znalosti, nemůže tedy získat z testu tak malý počet bodů, aby to odpovídalo podprůměrným znalostem.

Báze pravidel fuzzy regulátoru		Zkušenosti		
		nízké	střední	vysoké
Znalosti	podprůměrné	bezpečí a jistota	konzervativní	není možné
	průměrné	konzervativní	hodnotová	růstová
	nadprůměrné	hodnotová	růstová	dynamická

Tab. 2 Báze pravidel pro druhý fuzzy regulátor

I tento fuzzy regulátor jsem zpracovala ve Fuzzy Logic Toolboxu Matlabu. Nejvíce mě opět zajímala výsledná funkce chování tohoto fuzzy regulátoru, jelikož lze podle ní poznat, jestli je báze pravidel správně nadefinovaná. Tato funkce je zobrazena na obr. 13.



Obr. 13 Výsledná funkce chování druhého fuzzy regulátoru

Výsledná funkce je neklesající ve všech parametrech, nikde nejsou vidět žádné propady ani prohlubně jako u původního fuzzy regulátoru. Obrázek ukazuje, že

při nízkých znalostech a zkušenostech fuzzy regulátor doporučuje strategii Bezpečí a jistota. Čím větší má investor znalosti a zkušenosti, tím výnosnější a zároveň rizikovější strategie je mu doporučena. V další podkapitole otestuji fungování obou fuzzy regulátorů na konkrétních datech, které jsem získala na základě rozeslaného dotazníku.

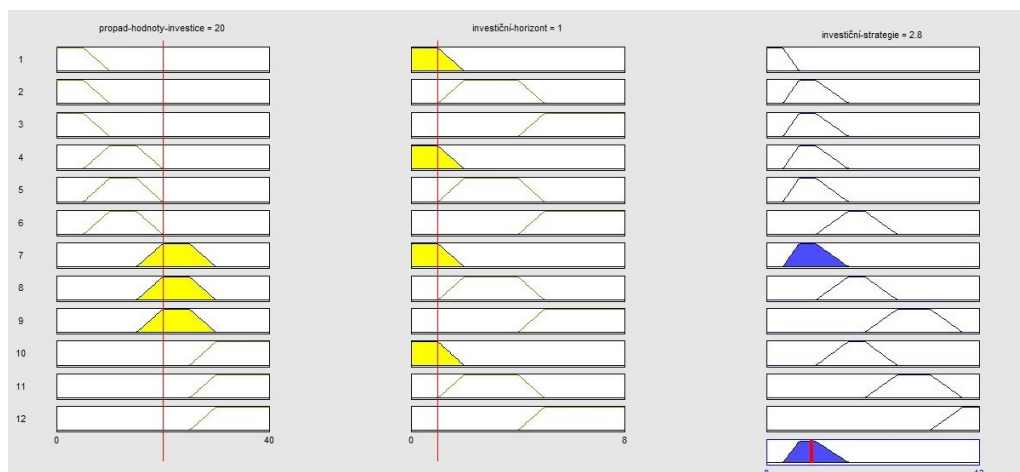
4.3 Ukázkové příklady

V této podkapitole bych ráda předvedla fungování fuzzy regulátoru na příkladech. Jelikož reálné vstupy do fuzzy regulátoru zjišťuji dotazníkem, mohu fuzzy regulátor předvést na skutečných datech.

Celý dotazník se nachází v příloze A. Skládá se z 29 otázek. První tři zjišťují hodnoty reálných vstupů jazykových proměnných Investiční horizont, Zkušenosti a Propad hodnoty investice. Otázky č. 4 - 29 se týkají jazykové proměnné Znalosti. Tyto otázky pokrývají jak problematiku bankovních produktů (spořicí účty, ...), tak investic do dluhopisů, akcií, derivátů a podílových fondů. Dotazník se skládá z uzavřených i otevřených otázek. Otázky, u kterých nejsou nabídnuty odpovědi, jsou zařazené z důvodu spolehlivosti výsledků. Bez nich by se mohlo stát, že investor si investor odpovědi tipne a získá tak více bodů než odpovídá jeho znalostem.

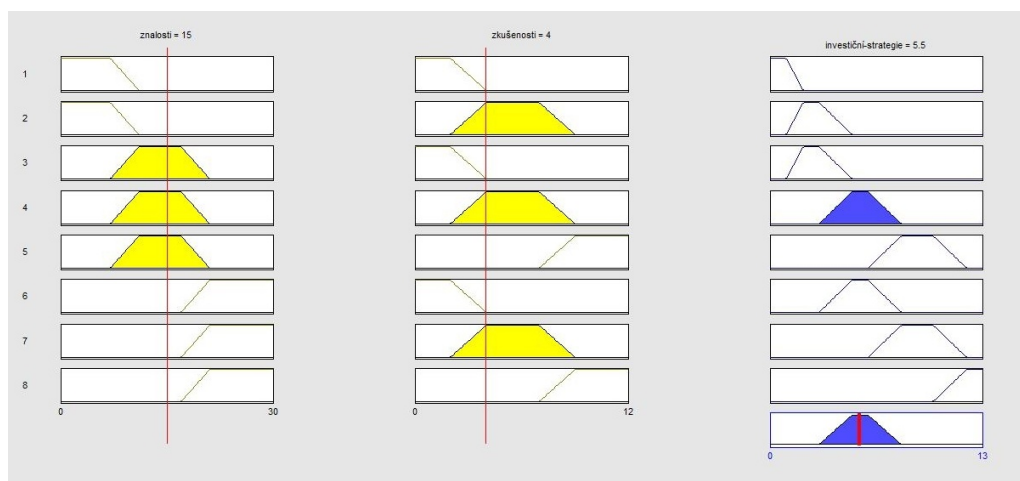
Příklad 3. *Investor A požádal o pomoc s výběrem investiční strategie. Na základě vyplněného dotazníku jsem zjistila, že investor A chce uložit své peníze na 1 rok a ustojí asi 20 % propadu hodnoty investice.*

Tyto hodnoty stačí pro reálné vstupy prvního fuzzy regulátoru, který doporučuje Investiční strategii podle Investičního horizontu a Propadu hodnoty investice. Fuzzy regulátor na základě těchto reálných hodnot doporučil Konzervativní investiční strategii s průměrným výnosem 2,8 % p. a. (viz obr. 14). Tuto hodnotu Matlab vypočítal defuzzifikační metodou těžišť.



Obr. 14 Výstup prvního fuzzy regulátoru při reálných vstupech 1 rok a 20 %

Dále jsem z dotazníku zjistila, že investor A prováděl 4 investiční obchody za rok. Po otestování svých znalostí zbytkem dotazníku získal 15 bodů. Tyto hodnoty poslouží jako reálné vstupy do druhého fuzzy regulátoru, který doporučuje Investiční strategii podle Znalostí a Zkušeností. Druhý fuzzy regulátor investorovi A doporučil Hodnotovou investiční strategii s průměrným zhodnocením 5,5 % p. a. (viz obr. 15).



Obr. 15 Výstup druhého fuzzy regulátoru při reálných vstupech 4 obchody a 15 bodů

Doporučením prvního fuzzy regulátoru je Konzervativní strategie, druhý fuzzy regulátor doporučil strategii Hodnotovou. Jak už jsem se jednou zmínila, v závěru bude doporučena šetrnější strategie. V tomto případě je investorovi A doporučena Konzervativní strategie s průměrným zhodnocením 2,8 % p. a.

U následujících dvou příkladů již nebudu uvádět obrázky z Matlabu. Oba fuzzy regulátory jsou k dispozici na příloženém CD.

Příklad 4. *Investor B může investovat své volné finanční prostředky na 10 let. Jako Maximální propad hodnoty investice, kterou ustojí aniž by od investice ustoupil, uvedl hodnotu 25 %. Tyto hodnoty postačí k doporučení strategie prvním fuzzy regulátorem. Těmto hodnotám pak odpovídá Růstová investiční strategie s průměrným zhodnocením 9 % p. a.*

V dotazníku testujícím znalosti získal investor B 20 bodů. Zkušenosti investora jsou ohodnoceny počtem obchodů za rok, těch klient provedl 6. Na základě těchto vstupů druhý fuzzy regulátor doporučil také Růstovou strategii s průměrným zhodnocením 8,23 % p. a.

Z výstupů obou regulátorů, kdy oba doporučují Růstovou investiční strategii, nelze jinak než doporučit investorovi B Růstovou strategii, u které může očekávat průměrné zhodnocení 8,23 % p. a.

Příklad 5. *Investor C neví, jak zhodnotit své volné finanční prostředky, které může postrádat na 5 let. Je ochoten ustát 30 % propadu hodnoty investice. První fuzzy regulátor mu při těchto reálných vstupech doporučuje Dynamickou investiční strategii s průměrným zhodnocením 12 % p. a.*

Po otestování svých znalostí získal investor C v dotazníku 18 bodů. Investic do podílových fondů provedl 5 za rok. Druhý fuzzy regulátor mu tak doporučil Hodnotovou investiční strategii s průměrným zhodnocením 6,67 % p. a.

Jelikož ze dvou navržených strategií má být doporučena ta šetrnější, výsledkem tohoto příkladu je doporučení investorovi C Hodnotovou strategii s průměrným zhodnocením 6,67 % p. a.

Závěr

Cílem této diplomové práce bylo sestrojít fuzzy regulátor, který by doporučoval investiční strategie lidem s volnými finančními prostředky. I když se to nezdá, tak lidí s volnými finančními prostředky je stále hodně. Ale ne všichni mají dostatek informací, aby se rozhodli pro vhodný investiční instrument. Možností k investování je mnoho od spořicíh účtů přes podílové fondy až po obligace, akcie, finanční deriváty a komodity. Z toho důvodu si myslím, že tento fuzzy regulátor může pomoci mnoha lidem a také jim ušetří čas.

Abych mohla fuzzy regulátor sestavit, nastudovala jsem potřebnou teorii týkající se fuzzy množin a fuzzy regulátorů. Jelikož nebylo možné získat data, na základě kterých by bylo možné sestavit bázi pravidel, musela jsem prozkoumat také problematiku investování.

Původně jsem navrhla fuzzy regulátor s pěti vstupními jazykovými proměnnými a jednou výstupní jazykovou proměnnou. Vznikla tak obsáhlá báze 768 pravidel. Fuzzy regulátor byl mohutný, špatně se s ním pracovalo a výsledky nebyly uspokojivé.

Druhým návrhem byly dva menší a jednodušší fuzzy regulátory, které oba doporučovaly určitou investiční strategii. Konečným doporučením byla opatrnější z obou strategií. První na základě investičního horizontu a propadu hodnoty investice, druhý pak na základě znalostí a zkušeností. Díky rozdělení na dva menší fuzzy regulátory opravdu došlo k zjednodušení, vzniklo tak 12 a 8 pravidel. Z grafického výstupu Fuzzy Logic Toolboxu v Matlabu vyplývá, že obě báze pravidel jsou vhodně sestavené. Dokonce jsem jejich fungování mohla předvést na reálných datech získaných mnou vymyšleným dotazníkem. Výsledky jsou pak předvedeny na třech ukázkových příkladech.

Práce s fuzzy regulátory mě velmi bavila. Mohla jsem si zkusit jejich použití na praktických věcech. Musím uznat, že ač patří fuzzy množiny mezi mladší vědu, slaví fuzzy regulátory v praxi úspěch. Jsem ráda, že jsem se také mohla touto problematikou zabývat.

Příloha A

Dotazník na zjištění ostrých vstupních hodnot proměnných Investiční horizont, Zkušenosti, Propad hodnoty investice (první tři otázky) a počtu bodů jakožto ostrá vstupní hodnota proměnné Znalosti (otázka č. 4 - 29).

1. Na jak dlouhou dobu můžete své volné finanční prostředky postrádat? Vyberte z rozmezí 0 - 35 let.
2. Kolikrát ročně investujete do cenných papírů? Vyberte si z rozmezí 0 - 12 obchodů.
3. Jak velký propad hodnoty majetku jste schopni ustát, aniž byste od investice ustoupili? Vyberte si z rozmezí 0 - 40 %.
4. Své finanční vzdělání charakterizují takto:
 - a) Laik. (0)
 - b) Minimální (noviny, internet, poradce). (1)
 - c) Pokročilé (investiční kurzy, cílené samostatné vzdělávání). (2)
 - d) Profesionální (souvisí s povoláním). (3)
5. Víte, do jaké výše jsou v současné době pojištěny vklady v bankách?
 - a) 100 % vkladu odpovídající 50 000 Eur. (0)
 - b) Max. 90 % vkladu do částky odpovídající 100 000 Eur. (0)
 - c) 100 % vkladu do částky odpovídající 100 000 Eur. (1)
6. Co si představíte pod pojmem termínovaný účet?
 - a) Účet, kde mohu hotovost vybrat pouze v daný termín. (1)
 - b) Účet, kde mohu uložit peníze pouze vybrané dny v roce. (0)
 - c) Účet, jehož úročení se mění během roku (v jasně daných termínech, které jsou vypisovány rok dopředu). (0)
7. Co znamená zkratka p. a.?
 - a) Aktuální úroková sazba. (0)
 - b) Roční úroková sazba. (1)
 - c) Hodnota výnosu se státní podporou. (0)
8. Co se skrývá pod pojmem float úroková sazba?
 - a) Sazba vyšší než průměr, nabízena pouze bohatým klientům. (0)
 - b) Pevná sazba po celou dobu. (0)
 - c) Sazba závislá na aktuální mezibankovní sazbě PRIBOR. (1)
9. Jaký je obvyklý důvod k investování peněz?
 - a) Zhodnotit volné finanční prostředky. (1)

- b) Podpořit akciové společnosti, jejichž akcie si koupíme. (0)
 - c) Podpořit státní rozpočet nákupem státních dluhopisů. (0)
10. Jakou část Vašeho příjmu byste zvolili pro investování?
- a) Tu část, která zůstane po úhradě všech pravidelných (trvalé příkazy, inkasa), nepravidelných (úhrada dovolené, lázeňského pobytu) a všech běžných (jídlo, oblečení . . .) plateb. (0)
 - b) Tu část, která zůstane po úhradě všech pravidelných, nepravidelných a všech běžných plateb a závazků. (0)
 - c) Tu část, která zůstane po úhradě všech pravidelných i nepravidelných plateb, všech běžných plateb, závazků a po případném odložení potřebné částky na pohotové rezervy. (1)
11. Co se skrývá pod slovem portfolio?
- a) Investiční plán. (0)
 - b) Investice uložená v akciích. (0)
 - c) Soubor různých investičních instrumentů jednoho subjektu. (1)
12. Víte, proč je vhodné vytvářet portfolio?
(pro rozložení rizika, maximalizace zisku) (0,5 + 0,5)
13. Co znamená slovo volatilita?
- a) Kolísání ceny cenného papíru. (1)
 - b) Výnosnost. (0)
 - c) Ohodnocení klienta. (0)
14. Rozložení investice za účelem snížení rizika se nazývá
- a) Korelace. (0)
 - b) Diverzifikace. (1)
 - c) Operace. (0)
15. Likviditou investice rozumíme
- a) Rychlost, s jakou ji lze prodat / proměnit zpět na hotovost. (1)
 - b) Délku doby jejího držení. (0)
 - c) Obhospodařovací poplatek. (0)
16. Dluhopis je
- a) Potvrzení o půjčce. (0)
 - b) Cenný papír vyjadřující závazek dlužníka vůči vlastníkovi dluhopisu (věřiteli). (1)
 - c) Majetkový cenný papír. (0)

17. Akcie je
- a) Majetkový cenný papír. (1)
 - b) Cenný papír, z něhož plynou úrokové platby. (0)
 - c) Dluhový cenný papír. (0)
18. Vyberte instrumenty, se kterými se obchoduje na peněžním trhu:
- a) Vklady, krátkodobé dluhopisy. (1)
 - b) Dlouhodobé dluhopisy, akcie. (0)
 - c) Finanční deriváty. (0)
19. Jak můžete snížit riziko při investování do akcií?
- a) Nákupem více různých akcií společností z různých hospodářských odvětví. (1)
 - b) Nákupem akcií, které v posledním roce nejvíce rostly. (0)
 - c) Nákupem akcií firem ze stejného oboru. (0)
20. Jestliže po dobu 10 let budu mít k dispozici volný kapitál 500 Kč, příp. více, budu jej investovat do:
- a) Spořicíh účtů, fondů peněžního trhu. (0)
 - b) Dluhopisů, dluhopisových fondů. (0)
 - c) Akcií, akciových fondů. (1)
21. Medvědí akciové trhy jsou
- a) Klesající. (1)
 - b) Stagnující. (0)
 - c) Rostoucí. (0)
22. Býčí trhy jsou
- a) Klesající. (0)
 - b) Stagnující. (0)
 - c) Rostoucí. (1)
23. Kde se obchoduje s akciemi a deriváty?
- a) V bance. (0)
 - b) Na burze. (1)
 - c) Ve spořitelně. (0)
24. Které finanční instrumenty spadají do finančních derivátů?
(futures, forwardy, swapy, opce, warranty) (0,2 + 0,2 + 0,2 + 0,2 + 0,2)

25. Co se skrývá za označením index PX?
(index Burzy cenných papírů Praha) (1)
26. Co si představíte pod pojmem podílový fond?
Soubor majetku, který spravují investiční společnosti. Nejedná se o společnost s právní subjektivitou. Investiční instrument s možností výběru rizikovosti. (1)
27. Která z investic do podílových fondů je obecně nejméně riziková?
a) Fondy peněžního trhu (1)
b) Akciové fondy. (0)
c) Dluhopisové fondy. (0)
28. Podílové listy jsou
a) Málo likvidní. (0)
b) Velmi likvidní. (1)
29. Víte, co jsou fondy životního cyklu?
(dlouhodobá záležitost, strukturování finančních prostředků do instrumentů s různou rizikovostí – od největší do nejmenší, pro mladé do 40 let) (3)

Seznam obrázků

1	Fuzzy množina „malé zpoždění“	7
2	Schéma fuzzy regulátoru	13
3	Jazyková aproximace reálného čísla c	16
4	Mamdaniho přístup	19
5	Defuzzifikace - metody maxim	21
6	Výsledná funkce chování původního fuzzy regulátoru	39
7	Vstupní proměnná investiční horizont	41
8	Vstupní proměnná propad hodnoty investice	41
9	Výstupní proměnná investiční strategie	42
10	Výsledná funkce prvního fuzzy regulátoru	44
11	Vstupní proměnná zkušenosti	45
12	Vstupní proměnná znalosti	46
13	Výsledná funkce chování fuzzy regulátoru	48
14	Výstup prvního fuzzy regulátoru při reálných vstupech 1 rok a 20 %	49
15	Výstup druhého fuzzy regulátoru při reálných vstupech 4 obchody a 15 bodů ...	50

Seznam tabulek

1	Báze pravidel pro první fuzzy regulátor	44
2	Báze pravidel pro druhý fuzzy regulátor	47

Literatura

- [1] Bohanesová, E.: *Finanční matematika* 1. vyd. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 2013. 196 s. ISBN 978-80-244-3400-1.
- [2] Bojadziew, G., Bojadziew M.: *Fuzzy Logic for Business, Finance and Management*. 1. vyd. World Scientific Publ., 1997. 232 s. ISBN 9810228945, 9789810228941.
- [3] Kohout, P.: *Investiční strategie pro třetí tisíciletí*. 3. vyd. Grada, Praha, 2004. 276 s. ISBN 8024705605.
- [4] Nguyen, H. T., Walker, E. A.: *A first course in fuzzy logic*. 2. vyd. Boca Raton: Chapman & Hall, 2000. 373 s. ISBN 0849316596.
- [5] Novák, V.: *Základy fuzzy modelování*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2003. 176 s. ISBN 80-7300-009-1.
- [6] Talášek, T.: *Fuzzy modely založené na bázích pravidel a jejich aplikace (Diplomová práce)*. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 2012. 79 s.
- [7] Talašová, J.: *Fuzzy metody vícekritériálního hodnocení a rozhodování*. 1. vyd. Olomouc: Vydavatelství UP, 2003. 179 s. ISBN 80-244-0614-4.
- [8] *Akcie* [online]. c2014, [cit. 2014-2-18]. Dostupné z <https://cs.wikipedia.org/wiki/Akcie>
- [9] *Dluhopisy* [online]. c2014, [cit. 2014-2-15]. Dostupné z <http://cs.wikipedia.org/wiki/Dluhopis>
- [10] *Finanční deriváty* [online]. c1998-2014, [cit. 2014-2-24]. Dostupné z <http://trhy.mesec.cz/pruvodci/ceske-akciove-trhy/co-jsou-to-financni-derivaty-2/>
- [11] *Hypoteční zástavní listy* [online]. c2009, [cit. 2014-2-16]. Dostupné z <http://www.cennypapir.cz/hypotecni-zastavni-listy/>
- [12] *Investiční strategie a jejich základní parametry* [online]. c2011, [cit. 2014-2-6]. Dostupné z <http://www.cyrus.cz/sluzby/investicni-strategie>
- [13] *Komoditní trh* [online]. c2014, [cit. 2014-2-26]. Dostupné z http://cs.wikipedia.org/wiki/Komoditni_trh
- [14] *Míra inflace* [online]. c2014, [cit. 2014-3-3]. Dostupné z http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/mira_inflace
- [15] *Podílové fondy* [online]. c2014, [cit. 2014-2-21]. Dostupné z https://cs.wikipedia.org/wiki/Podilovy_fond
- [16] *Spořicí účty* [online]. c1998-2014, [cit. 2014-2-12]. Dostupné z <http://www.mesec.cz/sporeni/sporici-ucty/pruvodce/>
- [17] *Stavební spoření* [online]. c1998-2014, [cit. 2014-2-13]. Dostupné z <http://www.mesec.cz/bydleni/stavebni-sporeni/pruvodce/>
- [18] *Termínované vklady* [online]. c1998-2014, [cit. 2014-2-12]. Dostupné z <http://www.mesec.cz/sporeni/terminovane-vklady/pruvodce/>
- [19] *Test: Vyznáte se ve financích?* [online]. c1999-2014, [cit. 2014-2-5]. Dostupné z http://finance.idnes.cz/Soutez_est.aspx?id=295

- [20] *Vkladové listy* [online]. c1998-2014, [cit. 2014-2-16]. Dostupné z <http://www.mesec.cz/clanky/certifikaty-nefrci/>
- [21] *Warranty* [online]. c1997-2014, [cit. 2014-2-25]. Dostupné z <http://www.patria.cz/fondyderivaty/warranty/popis.html>
- [22] *Zákon o dluhopisech* [online]. c2004-2014, [cit. 2014-2-15]. Dostupné z <http://www.zakonycr.cz/seznamy/172-2012-Sb-zakon-kterym-se-meni-zakon-c-1902004-sb-o-dluhopisech-ve-zneni-pozdejsich-predpisu-zakon-c-2562004-sb-o-podnikani-na-kapitalovem-trhu-ve-zneni-pozdejsich-predpi.html>