

**Univerzita Pardubice**  
**Fakulta ekonomicko-správní**

**Modelování udržitelného rozvoje v mikroregionu  
pomocí fuzzy inferenčních systémů - sociální oblast**

**Bc. Monika Syrovátková**

**Diplomová práce**

**2008**

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 27. 4. 2009

Monika Syrovátková

## **Poděkování**

Touto cestou bych chtěla poděkovat vedoucímu diplomové práce, panu prof. Ing. Vladimíru Olejovi, CSc. za odbornou pomoc, připomínky k obsahové i formální stránce diplomové práce, vedení při vypracování a podporu.

Ráda bych také poděkovala svým rodičům za jejich celoživotní podporu a pochopení, trpělivost a za to, že mi umožnili studovat.

## **Anotace**

Diplomová práce se zabývá modelováním udržitelného rozvoje v mikroregionu Pardubický kraj pomocí hierarchických struktur fuzzy inferenčních systémů. Indikátory udržitelného rozvoje jsou voleny pouze ze sociální oblasti. V první části práce je analyzována problematika trvale udržitelného rozvoje, a to na všech úrovních – mezinárodní, národní, regionální i lokální. Jsou zde popsány indikátory, které do sociální úrovně spadají a indikátory, které jsou zvoleny v této práci jako vstupní parametry modelu. V další části práce je diskutována problematika hierarchických struktur fuzzy inferenčních systémů a popsány jednotlivé navržené struktury – kaskádní, stromová i kombinace kaskádní a stromové struktury. V poslední části práce je znázorněna a popsána klasifikace obcí do sedmi předem zvolených tříd.

## **Klíčová slova**

trvale udržitelný rozvoj; modelování udržitelného rozvoje; Agenda21; fuzzy inferenční systém; hierarchická struktura; stromová struktura, kaskádní struktura; MATLAB/Simulink

## **Title**

Modelling of sustainable development in the micro region by hierarchical structure of fuzzy inference systems – social area

## **Annotation**

Thesis deals with modelling of sustainable development in the Pardubice region using hierarchical structures of fuzzy inference systems. Indicators of sustainable development are selected only from the social field. In the first part of this work is analyzing the issue of sustainable development, and at all levels - international, national, regional and local. There are described indicators that fall into the social standards and indicators that are chosen in this work as model input parameters. In other parts of the work is discussed the issue of hierarchical structures of fuzzy inference systems, and described each proposed structure - cascade, and combination of tree and cascade tree. In the last part of the work is shown and described the classification of municipalities in the seven pre-selected classes.

## **Keywords**

sustainable development; modelling of sustainable development; Agenda 21; fuzzy inference system; hierarchical structure; tree structure; cascade structure; MATLAB/Simulink

## Obsah

Úvod .....	1
1. Udržitelný rozvoj v Pardubickém kraji .....	2
1.1. Udržitelnost .....	2
1.2. Co není udržitelnost .....	3
1.3. Trvale udržitelný rozvoj .....	4
1.3.1. Definice udržitelného rozvoje .....	4
1.3.2. Historie trvale udržitelného rozvoje .....	5
1.4. Základní principy trvale udržitelného rozvoje .....	6
1.5. Systém indikátorů trvale udržitelného rozvoje .....	7
1.5.1. Indikátory udržitelného rozvoje na mezinárodní úrovni .....	9
1.5.2. Indikátory udržitelného rozvoje na národní úrovni .....	10
1.5.3. Indikátory udržitelného rozvoje na regionální úrovni .....	12
1.5.4. Indikátory udržitelného rozvoje na lokální (místní) úrovni .....	14
1.5.5. Strategie udržitelného rozvoje ČR .....	16
1.6. Shrnutí kapitoly .....	22
2. Základní charakteristika hierarchických FIS .....	23
2.1. Definování fuzzy množin .....	23
2.2. Všeobecná struktura fuzzy inferenčních systémů .....	24
2.3. Klasifikace .....	28
2.4. Obecná charakteristika hierarchických struktur .....	29
2.4.1. Kaskádní hierarchická struktura .....	31
2.4.2. Stromová struktura .....	32
2.4.3. Kombinace stromové a kaskádní struktury FIS .....	33
2.5. Shrnutí kapitoly .....	35
3. Návrh modelu na klasifikaci obcí .....	36
3.1. Návrh modelu na předzpracování údajů .....	36
3.2. Návrh parametrů .....	37
3.3. Vektor parametrů .....	42
3.4. Předzpracování údajů .....	42
3.5. Návrh kaskádní struktury HSFIS .....	45
3.6. Návrh stromové struktury HSFIS .....	51
3.7. Návrh kombinace stromové a kaskádní struktury HSFIS .....	53

3.8.	Načtení jednotlivých FIS do programu MATLAB/Simulink.....	56
3.9.	Shrnutí kapitoly.....	56
4.	Analýza výsledků navržených modelů.....	60
4.1.	Kaskádní struktura.....	60
4.2.	Stromová struktura.....	60
4.3.	Kombinace kaskádní a stromové struktury.....	61
4.4.	Porovnání výsledků jednotlivých struktur.....	62
4.5.	Shrnutí kapitoly.....	62
	Závěr.....	63
	Seznam obrázků:.....	65
	Seznam grafů:.....	65
	Seznam tabulek:.....	66
	Seznam zkratk:.....	67
	Seznam použité literatury:.....	68

## Úvod

Jedním z předních témat světových summitů je problematika globálního oteplování, chudoba, znečišťování ovzduší, kácení deštných pralesů atp. Všechny tyto pojmy pojí jeden jediný. Jedná se o trvale udržitelný rozvoj. Pod tímto pojmem se skrývá nejen eliminování hrozeb, jako je znečištění ovzduší, skrývá se v něm i rozvoj chudých oblastí či zlepšování úrovně života na Zemi. Problém ale nastává v situaci, kdy se někdo pokouší všechny tyto možnosti skloubit tak, aby sobě pomohl a zároveň neohrozil ty, co přijdou v budoucnosti. Trvale udržitelný rozvoj je v dnešní době jedním z nejprohranějších témat světových summitů. Nejen zástupci ekologických hnutí, ale dnes již i představitelé jednotlivých vlád si velmi dobře uvědomují, že zachování planety budoucím generacím, alespoň v takovém stavu, v jakém je dnes, bude nelehký úkol.

Práce nejprve analyzuje pojem trvale udržitelný rozvoj, a to nejen na celosvětové úrovni, ale především na nižších, regionálních či místních úrovních, tedy na těch, které jsou běžnému občanu nejvíce přiblíženy. Práce je zaměřena na region Pardubický kraj, ve kterém se blíže specializuje na oblast sociální, tedy na nejběžnější sociální problémy, jako je například nezaměstnanost, migrace obyvatelstva, popř. kvalita bydlení občanů.

Cílem práce je klasifikace obcí pardubického kraje do tříd, a to podle úrovně udržitelného rozvoje v těchto obcích. S tímto problémem úzce souvisí navržení vhodných parametrů ze sociální oblasti, které jsou vhodné pro modelování udržitelného rozvoje pomocí hierarchických struktur fuzzy inferenčních systémů. Je zde popsán postup předzpracování údajů, na základě kterých byly vybrány vhodné parametry. Tento postup zahrnuje proces standardizace údajů, následující proces normalizace. Poté je již možné vypočítat korelační závislosti a určit, které veličiny jsou na sobě závislé, jsou tedy nadbytečné a zbytečné a je možné je z dalšího šetření vyloučit. V další části práce jsou popsány jednotlivé modely hierarchických struktur fuzzy inferenčních systémů vytvořené ve fuzzy toolboxu programu MATLAB a jsou zde vypsány parametry a rozsahy, které jsou zde použity a nastaveny v charakteristických fuzzy inferenčních systémech, tedy těch, které nejvíce vypovídají o zvolené hierarchické struktuře. Po vytvoření jednotlivých fuzzy inferenčních systémů je nutné sestavit modely konkrétních hierarchických struktur v programovém prostředí MATLAB/Simulink. Jsou zde proto popsány jednotlivé struktury a zobrazeny navržené modely. V závěru práce je graficky zpracována samotná klasifikace obcí Pardubického kraje, která vznikla z hierarchických struktur, do stanovených kategorií.

## **1. Udržitelný rozvoj v Pardubickém kraji**

Strategie udržitelného rozvoje, a je úplně jedno, na které hierarchické úrovni se vyskytuje (globální, národní, regionální i místní), určuje priority udržitelného rozvoje vytyčeného území. Přiřazuje k nim dlouhodobé cíle, kterých chce dosáhnout ve vytyčeném časovém horizontu. Takto definované cíle udržitelného rozvoje bývají většinou obecné a konkrétní jsou až opatření jak těchto cílů dosáhnout. Pro hodnocení vývoje udržitelnosti v dané oblasti a sledování úspěšnosti jednotlivých opatření jsou pak stanoveny konkrétní indikátory.

V této kapitole je řešena problematika udržitelného rozvoje, definován pojem udržitelnost a naopak jak udržitelnost chápána být nemá. Jsou zde vysvětleny principy udržitelného rozvoje, podle kterých se jednotlivé strategie udržitelného rozvoje sestavují a indikátory udržitelného rozvoje, na základě kterých je vyhodnocována samotná udržitelnost sledované oblasti. Dále je v této kapitole popsán udržitelný rozvoj na jednotlivých úrovních (globální, národní, regionální a lokální), a jak je udržitelný rozvoj chápán a brán v České republice. Větší pozornost je věnována úrovni regionální, na kterou se práce více specializuje, například rozvoj regionální udržitelnosti zejména budováním Lokálních Agend 21, kterým se věnuje čím dál více pozornosti, a to nejen tady, v České republice, ale i po celém světě. Celá tato práce se zaměřuje zejména na sociální oblast udržitelného rozvoje, a proto je této problematice věnována o něco větší pozornost, než ostatním oblastem (ekonomická, environmentální).

### **1.1. Udržitelnost**

Udržitelnost je schopnost udržet způsob života tzv. „do nekonečna“. Musí být ale chápána v mezích a možnostech života na Zemi. Jako jeden z mnoha příkladů lze uvést skutečnost, že lidstvo musí být brát v potaz možnost vyčerpání přírodních zdrojů a této hrozbě se musí pokusit za každou cenu vyvarovat, neboť důsledky vyčerpání přírodních zdrojů by byly nedozírné. Udržitelnost musí být chápána jako dlouhodobá udržitelnost, nebo také ekologická udržitelnost, popř. velmi dlouhodobá udržitelnost [1]. Všechna tato pojetí vedou k jedinému cíli. Udržitelnost je definována jako schopnost uspokojit základní potřeby dnešní doby, aniž by budoucí generace pocítily nějaký nedostatek. Je důležité myslet nejen na vlastní zdraví a zdravé životní prostředí v současné době, ale myslet i na to, že je potřeba toto zdraví zachovat pro budoucnost.



## 1.2. Co není udržitelnost

Mylnou představou je, že udržitelnost je chápána jako samozřejmost. Bohužel tomu tak není a nemůže jí být dosahováno, jestliže společnost nedodrží základní pravidla. Mezi nejzákladnější problémy současnosti patří zejména to, že lidská společnost [1]:

- spotřebovává suroviny rychleji, nežli jsou schopny samy se vracet do zemské kůry, jedná se například o drahé kovy, ropu či uhlí;
- vytváří a produkuje látky rychleji, než jsou schopny být rozloženy přírodními procesy, například plastické obaly, které mají dobu svého rozkladu v půdě i několik set let;
- čerpá přírodní zdroje rychleji, nežli se dokážou samovolně obnovovat, například kácení deštných pralesů v jižní Americe představuje velkou hrozbu již pro současnou společnost;
- není schopna zpomalit či zastavit populační růst, za několik desítek let nebude lidstvo schopno se na této planetě uživit;
- není schopna změnit podmínky, které stále zvyšují požadavky člověka na uspokojení základních potřeb.

Tyto body by se také daly označit jako tzv. globální problémy lidstva, které jsou obecnou hrozbou, a ta, pokud nebude včas a radikálně řešena, může vézt ke globální katastrofě lidstva. Svět čelí základním lidským problémům chudoby a bídy při ekonomickém růstu, který spíše zvětšuje, než zmenšuje rozdíly. Rovněž se potýká s mnoha problémy, ohrožujícími životní prostředí: degradací půdy, vody a mořských zdrojů, rozšiřujícím se znečištěním, úbytkem atmosférického ozónu, globální změnou klimatu, ztrátou druhové rozmanitosti v přírodě atd. Jestliže lidé mají žít v ekonomické prosperitě a ve zdravém životním prostředí, potom se již současné generace musí vyrovnat s trendy, které mohou uvedené problémy ještě zhoršovat. Jeden z nejdramatičtějších je růst populace – od roku 1950 počtem dvojnásobná a v polovině 21. století zřejmě opět zdvojnásobená. Obdobně za stejné časové období ekonomická aktivita rostla zhruba o 3% ročně až do současnosti; jestliže tento přírůstek bude pokračovat i v příštích dekádách, pak světová ekonomika bude 5x větší v roce 2050 než zhruba před 10 lety [2]. Takový růst ekonomické aktivity populace může v sobě skrývat tlak na přírodní zdroje a přírodní systémy.

### 1.3. Trvale udržitelný rozvoj

Při formulování definice udržitelného rozvoje se po celém světě vyskytla spousta názorů a připomínek, jak trvale udržitelný rozvoj definovat. Většina pojetí zdůrazňuje zejména využívání obnovitelných přírodních zdrojů takovým způsobem, který zmenšuje jejich obnovitelné užití pro budoucí generace. Tyto definice se zaměřují zejména na fyzikální aspekty udržitelného rozvoje. Naopak definice směřující spíše k managementu zdrojů, soustředí se spíše na maximalizaci zisku a ekonomického rozvoje, na udržování a zlepšování služeb a kvality přírodních zdrojů. Většina těchto definic ale směřuje ke stejnému cíli, a to, že využití zdrojů dnes by nemělo zmenšit skutečné příjmy v budoucnosti [2].

#### 1.3.1. Definice udržitelného rozvoje

*„Trvale udržitelný rozvoj společnosti je takový rozvoj, který současným i budoucím generacím zachová možnost uspokojovat jejich základní životní potřeby a přitom nesnižuje rozmanitost přírody a zachovává přirozené funkce ekosystémů.“* Tuto definici lze nalézt v zákoně č. 17/1992 Sb. O životním prostředí. [3] Základní aspekt udržitelného rozvoje dobře vystihuje definice ze Zprávy pro Světovou komisi OSN pro životní prostředí a rozvoj (WCED) nazvané „Naše budoucnost“, kterou v roce 1987 předložila její tehdejší předsedkyně Gro Harlem Brundtlandová: *„Trvale udržitelný rozvoj je takový způsob rozvoje, který uspokojuje potřeby přítomnosti, aniž by oslaboval možnosti budoucích generací naplňovat jejich vlastní potřeby.“*

Evropský parlament definoval udržitelný rozvoj těmito slovy: *„Udržitelný rozvoj znamená zlepšování životní úrovně a blahobytu lidí v mezích kapacity ekosystémů při zachování přírodních hodnot a biologické rozmanitosti i pro současné a příští generace.“*[3] Definice udržitelného rozvoje je velké množství. Ta následující je oblíbená zejména v akademickém prostředí: *„Trvale udržitelný rozvoj je komplexní soubor strategií, které umožňují pomocí ekonomických nástrojů a technologií uspokojovat sociální potřeby lidí, materiální i duchovní, při plném respektování environmentálních limitů. Aby to bylo v globálním měřítku současného světa, je nutné nově redefinovat na lokální, regionální i globální úrovni jejich instituce a procesy.“* Tato definice hovoří o plném respektování environmentálních limitů, které jsou materiální povahy a týkají se zabezpečení materiální stránky lidstva. Materiální potřeby mohou být zabezpečeny udržitelným způsobem zejména respektováním environmentálního systému systémem sociálně-ekonomickým.

Řešením udržitelného rozvoje tedy není rovnováha třech pilířů (sociálního, environmentálního a ekonomického), jak to označili tvůrci vládní Strategie udržitelného rozvoje ČR z roku 2004 [3]. Je tomu naopak, je nutné přizpůsobovat ekonomický systém lidstva environmentálnímu systému planety Země, který má své kapacitní omezení.

### **1.3.2. Historie trvale udržitelného rozvoje**

V současnosti se indikátorům pro trvale udržitelný rozvoj a veškerým informacím z této oblasti věnuje po celém světě mimořádná pozornost. Donedávna se zájem o tuto problematiku zaměřoval hlavně na oblast životního prostředí. Vzrostl zejména po Stockholmské konferenci v roce 1972. Problematika znečištěného životního prostředí, populačního růstu a na druhé straně vymírání populace donutili světové velmoci k dalšímu jednání. Stockholmská konference doporučila Organizaci spojených národů, aby zřídila program pro životní prostředí. Je to známý UNEP<sup>1</sup>. Od r. 1975 funguje pod jeho záštitou malý sekretariát v systému GEMS<sup>2</sup>. Tento systém je provozován ve spolupráci s dalšími agenturami Spojených národů, především se Světovou meteorologickou organizací (WMO), Světovou zdravotnickou organizací (WHO) a Organizací pro výživu a zemědělství (FAO) [4].

Není příliš známo, že prvotní obavy o trvalou udržitelnost lidské populace byly zveřejněny již v roce 1960, a to v zakládající listině Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj (OECD). Tato organizace bude v dalších letech podporovat rozvoj fenoménu trvale udržitelného rozvoje po celém světě. V roce 1968 byl založen Římský klub (Club di Roma), který sdružuje uznávané osoby z mnoha zemí a provádí výzkumy beroucí v potaz problém vývoje světa jako celku. Pozornost světa přitáhl Římský klub s pojmem udržitelný rozvoj až v roce 1972 [5]. V tomto roce klub uveřejnil zprávu, která zveřejňuje výsledky počítačově simulovaného vývoje lidské populace a využívání přírodních zdrojů, predikovanou přibližně do roku 2100. Z této zprávy plyne, že v průběhu 21. století dojde k obrovskému populačnímu úpadku, zejména v důsledku gigantických globálních problémů, například z důvodů znečištění ovzduší, vod i celého klimatu, vyčerpání úrodnosti obdělávatelných půd a nedostupnosti energetických zdrojů, především vyčerpání fosilních paliv.

---

<sup>1</sup> UNEP (United Nations Environmental Program) byl založen v r. 1972 Valným shromážděním OSN ve Stockholmu. Posláním UNEPu je stimulovat a koordinovat akce na ochranu životního prostředí.

<sup>2</sup> GEMS(Global Environmental Monitoring System - Globální environmentální monitorovací systém). Hlavní rolí tohoto programu je koordinovat rozdílné aktivity v oblasti životního prostředí, které jsou uskutečňované po celém světě prováděné v rámci OSN.

V témže roce (1972) se konala navíc ještě konference Spojených národů na téma prostředí člověka. Dokázala identifikovat největší globální problémy, které v současné době ohrožují lidskou společnost a upozornila na ekologické ohrožení planety [5]. Věnovala se především analýze důsledků znečištění a jejich bezprostředním příčinám. V souvislosti s globálními hrozbami vyvstala nová myšlenka. Myšlenka potřeby ekologicky přijatelného rozvoje a byly zde nastíněny problémy vzájemného působení ekonomického růstu na změnu stavu planety.

Na summitu Země v Riu de Janeiru v červnu roku 1992 přešel tento termín do širokého povědomí. Průmyslové katastrofy (zejména Černobylská havárie či chemická katastrofa v Bhópalu) donutily k hlubokým otázkám nejrůznější organizace, např. Greenpeace. Trvale udržitelný rozvoj se tak stal veřejnou záležitostí. Konference v Riu přinesla mnoho nových informací a navíc na této konferenci byl přijat zcela nový, dříve neznámý a nepoužívaný dokument. Schválila se zde totiž zhruba tisícistránková Agenda 21<sup>3</sup> [6], která bude blíže vysvětlena v dalším textu.

V září roku 2002 na Summitu v Johannesburgu více jak sto nejvyšších hlav různých států světa a zástupci vlád dalších zemí ratifikovali velmi důležitou dohodu (zejména pro budoucí generace) o zachování přírodních zdrojů a planetární biodiverzity. V roce 2005 byl dokončen dlouho očekávaný projekt „Hodnocení ekosystémů na přelomu tisíciletí, který vycházel z mezinárodních smluv o ochraně přírody. Tento projekt provedl sloučení vědeckých poznatků o změnách ekosystémů a jejich dopadech na kvalitu života a pokusil se o modelování života v 21. století. [7]

#### **1.4. Základní principy trvale udržitelného rozvoje**

Koncepce trvale udržitelného rozvoje vytyčuje základní principy, které by měly všechny státy světa integrovat do svých cílů a uskutečňovat v praxi prostřednictvím mnohostranných způsobů péče o prostředí a rozvoj. Zde je vypsáno 8 základních principů, kterých by se měly státy světa držet [8]:

- oživení hospodářského růstu: především v chudých a rozvojových zemích, kde chudoba představuje základní důvod znečišťování životního prostředí;
- změna kvality růstu: zlepšením výchovy a vzdělávání, zdravotní péče, kvality životního prostředí, přerozdělováním vytvořeného bohatství a dalších oblastí;

---

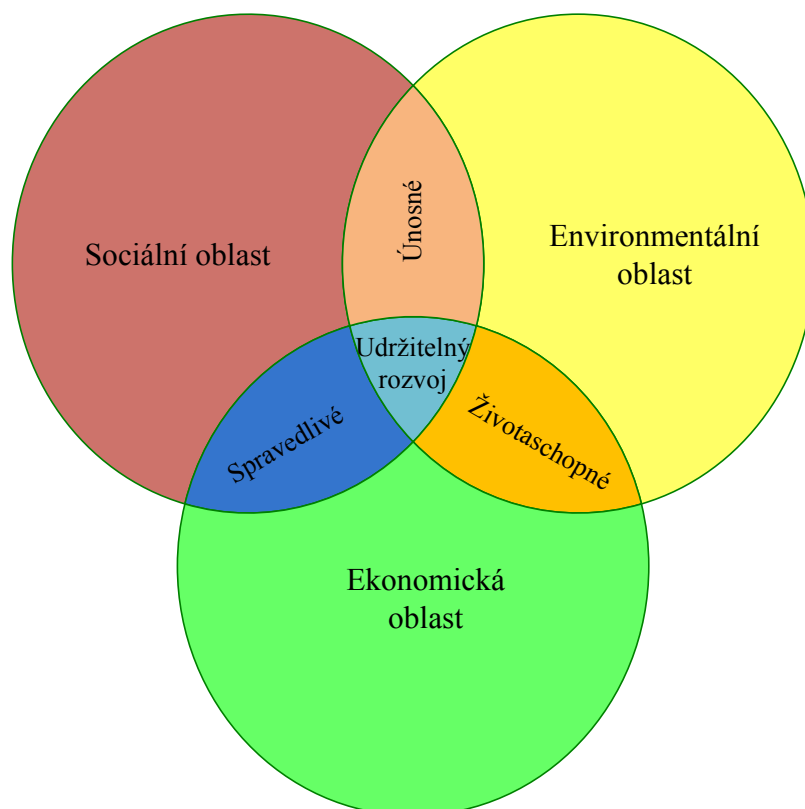
<sup>3</sup> Agenda 21 je rozsáhlý dokument z Mezinárodní konference o životním prostředí a rozvoji v Rio de Janeiro (1992), který se stal strategickým plánem rozvoje společnosti na prahu třetího tisíciletí. Dokument určil hlavní směry omezení negativních projevů působení lidské civilizace hned v několika oblastech života.

- uspokojení základních lidských potřeb: potřeb výživy, ošacení, energie, bydlení, hygieny, péče o zdraví, pracovních příležitostí atd.;
- zajištění udržitelné úrovně populace: v současnosti i pro budoucnost, na venkově i ve městech, v chudých i bohatých zemích;
- ochrana a obohacování základny přírodních zdrojů: využívání přírodních zdrojů tak, aby míra jejich využití nepřekročila míru jejich přirozené obnovy;
- nová orientace a odstraňování rizika: vyvíjení nových technologií a používání techniky tak, aby byla dosažena co nejefektivnější udržitelnost;
- integrace ekonomických a ekologických aspektů při rozhodování: například je dobré zakomponovat ekologické hledisko do současné daňové soustavy, tím se docílí zapojení širší veřejnosti do budování udržitelnosti;
- reforma mezinárodních ekonomických vztahů a posilování mezinárodní spolupráce: ekonomickým i ekologickým propojením jednotlivých zemí bude dosaženo lepších výsledků v budování udržitelného rozvoje i mezinárodních vztahů.

### **1.5. Systém indikátorů trvale udržitelného rozvoje**

Z definice trvale udržitelného rozvoje se po čase vyvodily tři základní pilíře udržitelnosti – ekologický pilíř (environmentální), sociální a ekonomický [9]. Tyto tři pilíře by měly být ve vzájemné rovnováze. Mnohdy se ale tyto pilíře dostávají do neslučitelného rozporu a přednost jednoho pilíře zásadně omezuje nebo dokonce vylučuje některé oblasti pilíře jiného. Na obr. 1 jsou zobrazeny jednotlivé oblasti udržitelného rozvoje jako tři mezi sebou se protínající bubliny. V jejich protnutí jsou znázorněny vlastnosti, které je mezi sebou navzájem pojí a centrum, kde jsou propojeny všechny oblasti je označeno jako „udržitelný rozvoj“, což v podstatě značí to, že všechny tři oblasti udržitelného rozvoje se musí udržovat v souladu, aby bylo trvalé udržitelnosti docíleno.

Měření environmentálních, sociálních a ekonomických parametrů patří mezi první kroky při studiu námětu udržitelného rozvoje. Cílem této kvantifikace je stanovit v číselném vyjádření řadu různých faktorů, které mohou určovat chování a způsob života lidí jako jednotlivců a jako celku. Obsahem těchto ukazatelů jsou data ve snadno srozumitelném formátu [10].



**Obr. 1: Oblasti trvale udržitelného rozvoje a jejich význam [Johann Dréo].**

Ukazatele udržitelného rozvoje tvoří řada faktorů, které poskytují užitečné informace týkající se stavu sociálního, ekonomického či environmentálního systému. Hlavním charakteristickým rysem těchto ukazatelů je jejich schopnost kombinovat metodologický přístup se sběrem aritmetických dat způsobem umožňujícím porovnávání výsledků, které pocházejí z různých oborů studia. Indikátory mohou mít mnoho komponent, avšak výsledkem jsou jednoduchá čísla nebo jiné údaje, to znamená, že jsou vysoce agregované. Zkušenosti z oblasti veřejné politiky také naznačují několik dalších kritérií důležitých pro úspěšné indikátory [4]:

- indikátory musí být užitečné svým potenciálním uživatelům;
- musí mít přímý vztah k jednotlivým opatřením a politice v dané oblasti. Indikátory, jež se užívají na národní úrovni, musí mít vztah k politice vlád a jiných celostátních institucí.

Indikátory tedy představují ukazatele vývoje určitého vybraného jevu získané průběžným sledováním, zaznamenáváním a vyhodnocováním souboru přesně stanovených údajů. Příkladem může být indikátor "veřejná zeleň". U něj lze sledovat například údaje týkající se počtu pokácených a nově vysazených stromů na veřejných pozemcích. Jako měřítko pro hodnocení indikátoru bude stanoven poměr těchto dvou hodnot vyjádřený za časovou jednotku sledování. Správně zvolený indikátor udržitelného rozvoje v sobě odráží, mimo

jiné, hlediska sociální spravedlnosti, zájmy ekonomiky a ochrany životního prostředí, ale zároveň také snahu o posílení role veřejné správy či samosprávy nebo zabezpečování potřeb na dané úrovni. Indikátory umožňují vidět problematické oblasti a ukázat cestu k jejich nápravě. Uplatnění jednotné sady zvolených indikátorů umožní mimo jiné posoudit, jak si daná obec, region, stát vede ve srovnání s jinými a usnadňuje poznání jejich silných a slabých stránek. [11]

### **1.5.1. Indikátory udržitelného rozvoje na mezinárodní úrovni**

Mnoho mezinárodních organizací se stále zabývá vývojem svých vlastních indikátorů udržitelného rozvoje. Výsledkem tohoto úsilí je koncepční rámec indikátorů udržitelného rozvoje. Mezi hlavní organizace, které se vývojem indikátorů udržitelného rozvoje zabývají, patří:

- Spojené národy (OSN);
- Světová banka;
- OECD ;
- Zprávy o stavu životního prostředí na internetu (Cities Environment Reports on the Internet);
- Společné evropské indikátory (European Common Indicators);
- Evropská komise udržitelného rozvoje;
- Ekologická stopa.

Podobně jako byla významným předělem konference ve Stockholmu v roce 1972, znamenala mezník i konference UNCED v Riu de Janeiro v roce 1992. Mezinárodní společenství zde vyvodilo závěr, že ochrana životního prostředí je součástí globální snahy o trvalou udržitelnost. Proto se všechny systémy a všechny organizace, které se těmito systémy zabývají, ať už v mezinárodním nebo v národním měřítku, začaly zajímat nejen o údaje z oblasti životního prostředí, ale o širší rámec vymezený problematikou trvale udržitelného rozvoje. Důležitou roli především v rozvoji informací v oblasti trvale udržitelného rozvoje má Komise OSN pro trvale udržitelný rozvoj. [4]

Velkou důležitost mají i mezinárodní organizace, které stojí mimo OSN. Jednou z nejdůležitějších je Evropská unie, která má svou Statistickou kancelář (EUROSTAT). Od roku 1994 začala fungovat Agentura pro životní prostředí v Kodani. Indikátory životního prostředí uspořádané do rámce “vliv - stav - odezva” již delší dobu používá OECD, která také věnuje úsilí jejich dalšímu rozvoji [4]. Agenda 21 poskytuje širokou definici trvale udržitelného rozvoje, která se používá jako základna pro praktické akce. Identifikuje velký

počet nejrůznějších opatření, pro něž by bylo zapotřebí vyvinout indikátory pokroku v žádoucím směru. Trvalá udržitelnost míří k rovnováze zachovávané po dlouhý čas. Protože toto je velmi obtížné měřit, většina indikátorů je spíše měřítkem neudržitelnosti nebo rozsahu škodlivé nerovnováhy [4]. Proto byl navržen postup analogický postupům používaným v medicíně: to znamená identifikovat takové aktivity, které ohrožují vztahy mezi lidskou společností a životním prostředím.

**Strategie udržitelného rozvoje EU:** Poslední strategií udržitelného rozvoje EU<sup>4</sup> je strategie z roku 2006 [12], která reaguje především na neudržitelné trendy například v oblasti změn klimatu a spotřeby energie, důsledky chudoby a stárnutí populace. Pro překonání nejenom těchto problémů si nová strategie vytyčuje sedm klíčových oblastí: Změna klimatu a čistá energie; udržitelná doprava; udržitelná spotřeba a výroba; šetné nakládání s přírodními zdroji; sociální začlenění, demografie a migrace; globální chudoba a výzvy udržitelného rozvoje. Cílem každé z těchto oblastí je minimalizovat plýtvání energií, snižovat chudobu a další globální problémy pomocí nástrojů k tomuto účelu vytvořených v rámci různých politik.

**Agenda 21** je pojem, který se objevil v ochraně životního prostředí po roce 1992, po světové konferenci v Rio de Janeiru. Je to souhrnný název asi 38 obecných okruhů, jako jsou např. odpady, chudoba, ochrana vody, ochrana přírody. Jde o problémy související s kvalitou životního prostředí, ekologickou šetrností, sociální a zdravotní pohodou občanů zemí celého světa [13]. Těchto 38 oblastí života bylo určeno na základě zkušeností zástupců, převážně ministrů, z různých států světa. Soubor problémových okruhů dostal název Agenda 21, protože se jedná o problémy k vyřešení při vstupu do 21. Století. Další konference – Světový summit o udržitelném rozvoji (WSSD), která se konala deset let po konferenci v Rio de Janeiru v jihoafrickém Johannesburgu v létě 2002, přinesla plán přechodu k udržitelnému rozvoji v realizaci Agendy 21. Součástí WSSD byl i Summit místních správ, na kterém se zástupci místních úřadů z celého světa zavázali k dalšímu rozvíjení lokálních Agend 21 [13].

### **1.5.2. Indikátory udržitelného rozvoje na národní úrovni**

Většina zemí OECD má ve svých národních strategiích udržitelného rozvoje zakomponovány části Agendy 21. V minulosti OECD a OSN rozvíjely hlavní směrnice pro formulaci a porozumění těmto strategiím jako integrované vládní přístupy, dlouhodobé

---

<sup>4</sup> Obnovená strategie udržitelného rozvoje pro rozšířenou Evropu byla přijata Evropskou radou v roce 2006 a vychází z předchozí strategie přijaté v roce 2001.



výhledy, konzultace s investory a realistické plány. Strategie udržitelného rozvoje nabízí možnosti vytvářet doplnění k ekonomickým, environmentálním a sociálním sférám ke zlepšení dlouhodobých zefektivnění politických agend. Průzkum OECD našel různé úspěšné praktiky, které vedly k řešení národních strategií udržitelného rozvoje v různých zemích OECD jako indikátory, pod které spadá [13]:

- politická integrace;
- analýzy a odhady;
- koordinace a instituce;
- lokální a regionální správa;
- účast investorů;
- indikátory a cíle;
- monitoring a vyhodnocování.

Indikátory na národní úrovni musí mít přímý vztah k jednotlivým krokům, opatřením a politice v dané zemi. Musí mít také vztah k politice vlád a jiných celostátních institucí, nesmí být v rozporu s danou legislativou nebo nesmí ohrozit jiné indikátory, které se v rámci dané země sledují. Znamená to tedy, že zvolené indikátory nesmí být pouze významné z ekonomického či environmentálního hlediska, ale musí být také jednoduše vysvětlitelné, zejména musí dokázat zachytit směrnici trendu či pokroku směrem ke splnění vytyčených cílů danou politikou [13].

**Lokální (místní) Agenda 21 v Evropě:** Lokální Agenda 21 [13] získala značnou podporu v celé Evropě. V roce 1994 v dánském Aalborgu byla podepsána Charta evropských měst pro udržitelnost (Aalborgská charta), kterou podepsalo celkem 80 měst. Konference v Aalborgu poskytla základ pro Kampaň za udržitelnost evropských měst, kterou podporuje Mezinárodní rada pro místní ekologické iniciativy, Síť zdravých měst WHO, Eurocities (Evropská asociace velkých měst), Organizací spojených měst a Radou evropských měst a regionů. Tato konference také formulovala 14 nezbytných předpokladů pro evropská města, např. Úloha evropských měst při dosahování udržitelnosti; Myšlenka a principy udržitelnosti; Místní strategie pro udržitelnost; Udržitelnost jako tvůrčí, místní proces hledání rovnováhy; Řešení problémů jednáním směrem navenek; Městské hospodaření pro udržitelnost atd.

### 1.5.3. Indikátory udržitelného rozvoje na regionální úrovni

Na regionální úrovni se indikátory zaměřují zejména na meziregionální srovnávání a vyhodnocování, porovnávání jednotlivých oblastí (ekonomické, sociální, environmentální). Ekonomické aspekty jsou zaměřeny na vstupy, produkci, investice, rozvoj trhu, formování ceny atd. Sociální se týkají rozdělení a spravedlivosti úvah, jako rozdělování příjmů, přístupům na trhy, bohatství a síla pozice určitých skupin nebo regionů, atd. a environmentální dimenze jsou zaměřeny na kvalitu života, řešení nedostatků, znečištění ovzduší a související oblasti. Pro potřeby regionálních úrovní byly navrženy indikátory znázorňující strukturu a dynamické chování příslušných systémů a vybudované na prostorové a časové stupnici podobné přírodním, ekonomickým a sociálním jevům [13].

**Místní Agendy 21:** Lokální (nebo také místní) Agendy 21 jsou převedení všech vytyčených 38 [13] problémových okruhů do jasných a srozumitelných souvislostí zejména se situací v obci a životním prostředím v dané lokalitě, obci či regionu. Jde zde především o to, aby sami občané pomáhali řešit lokální problémy, protože jejich řešení má ve skutečnosti v rukou každý občan žijící v daném regionu. Ve svém důsledku Lokální Agenda 21 znamená proces, v němž místní autority spolupracují s reprezentanty všech zájmových skupin obce (občané, podnikatelé, organizace) na sestavení plánu akcí, kterými chtějí podpořit zavádění principů udržitelného rozvoje do činnosti obce. Kupodivu se všechny zájmové skupiny do tohoto projektu chtějí zapojit dobrovolně a je tedy snadnější trvale udržitelného rozvoje v obci dosahovat [13].

Důraz na udržitelný rozvoj by měl být rozhodujícím měřítkem při všech činnostech místních úřadů. Proces Místní Agendy 21 musí být souvislou iniciativou s jasným strategickým cílem. Systematický přístup k rozvoji místa, dlouhodobá perspektiva a uplatnění principů udržitelnosti je to, co se očekává od dobře pracujících místních úřadů a procesu Místní Agendy 21. Nejsou stanovené žádné jednotné postupy jak zavádět Místní Agendu 21, ale jsou známy některé klíčové kroky jak na to. Následující návrhy činností nejsou seřazeny podle priorit, ale měly by se uskutečňovat souběžně a navzájem se doplňovat [13]:

- řízení a zlepšování výkonu místních úřadů/správ;
- začleňování udržitelnosti do plánů, politiky a aktivit místních správ;
- zvyšování veřejného povědomí, výchova a vzdělávání;
- konzultace a zapojení společenských skupin a veřejnosti;

- společné akce;
- vytváření strategie udržitelnosti a plánu akcí;
- měření, sledování, zpravodajství a vyhodnocování postupu.

**Soubor sociálních indikátorů pro regionální úroveň:** Indikátory udržitelného rozvoje mají velký význam nejen na mezinárodní či národní úrovni, ale zejména na nižších úrovních, kde je větší šance trvalé udržitelnosti dosahovat. V České republice byl po roce 2000, v souvislosti s novým územním uspořádáním, vytvořen v každém kraji Návrh programu rozvoje kraje, který úzce navazoval na Strategii rozvoje kraje z roku 1999 [14]. Strategie udržitelného rozvoje se pro jednotlivé regiony zaměřuje zejména na budoucí vývoj. Je tedy sestavena v delším časovém horizontu a na základě různých analýz jsou stanoveny priority pro budoucí rozvoj udržitelného rozvoje. Tato práce se zaměřuje zejména na sociální pilíř regionálního udržitelného rozvoje, a proto jsou zde pro ukázkou vybrány sociální indikátory udržitelného rozvoje (v závorce je uveden i význam jednotlivých indikátorů na regionální úrovni) [14]:

- domácnosti s čistým příjmem pod hranicí životního minima (signalizuje míru ohrožení domácností chudobou);
- obecná míra nezaměstnanosti (hodnocení situace na trhu práce);
- míra registrované nezaměstnanosti (ukazatel pro hodnocení situace v oblasti nezaměstnanosti v regionech, signalizuje problémy v regionálních ekonomikách);
- míra zaměstnanosti starších pracovníků (charakterizuje míru pracovního začlenění osob ve vyšším věku);
- zaměstnanost žen (vypovídá o stavu a vývoji v oblasti zaměstnávání žen);
- míra úmrtnosti (charakterizuje zdravotní stav populace);
- očekávaná délka života (vypovídá o zdravotním stavu populace);
- nejvyšší dosažené vzdělání (charakterizuje vzdělanostní úroveň obyvatelstva);
- přístup k internetu (signalizuje míru „přiblížení“ k informační společnosti);
- výdaje na kulturu z veřejných rozpočtů (míra prostředků vynaložených na kulturu);
- pokrytí území schválenou územně plánovací dokumentací obcí (vypovídá o míře komplexního a funkčního řešení a využití území obcí, o míře vytváření předpokladů k zabezpečení trvalého souladu všech přírodních, civilizačních a kulturních hodnot v území);
- průměrná délka soudního řízení (ukazatel pro posouzení dlouhodobé výkonnosti soudní soustavy);

- občanská společnost – politická participace (zájem občanů aktivně ovlivňovat věci veřejné formou účasti ve volbách);
- ženy a muži v politice (vypovídá o míře zapojení žen v politických a rozhodovacích funkcích);
- občanská společnost – občanská participace (charakterizuje míru účasti občanů na řešení věcí veřejných v oblasti tzv. neziskového sektoru).

#### **1.5.4. Indikátory udržitelného rozvoje na lokální (místní) úrovni**

Tyto indikátory se zabývají sledováním vývoje udržitelného rozvoje v jednotlivých obcích a městech po celé České republice. Není až tak důležité sledovat vývoj udržitelného rozvoje na celorepublikové úrovni, mnohdy hraje důležitější roli vývoj na jednotlivých lokálních úrovních, a to zejména v nejvíce znečištěných oblastech, popř. oblastech nejvíce zasažených vysokou mírou nezaměstnanosti. Takto postižené oblasti se snáze alokují a je snadnější poskytovat těmto oblastem finanční i jinou pomoc, než poskytnout prostředky většímu regionu a riskovat, že do nejvíce zasažených oblastí se vůbec nedostanou.

**Udržitelný rozvoj ve městech:** Udržitelný rozvoj ve městech aplikuje principy udržitelného rozvoje na zlepšení kvality života v městských oblastech. Města musí naplňovat potřeby obyvatel, ale ne všechny lze naplnit ze svých vlastních zdrojů [15]. Dodává se do nich voda, energie a materiály, které jsou zde transformovány na zboží, služby, ale také emise a odpad. Města jsou hlavními zdroji regionálních a globálních ekologických problémů, protože zde žije většina světové populace. Je tedy naprosto nezbytné, aby se podmínky obyvatel měst zlepšovaly.

**Společné evropské indikátory udržitelného rozvoje na místní úrovni:** Jde o indikátory, které sledují a měří zaznamenaný pokrok směrem k místní udržitelnosti. Jednotlivé indikátory odrážejí vzájemné působení mezi hledisky ekonomickými, společenskými a environmentálními. Na třetí evropské konferenci o udržitelném rozvoji v Hannoveru v únoru 2000 byla navržena následující sada indikátorů [16]:

1. spokojenost občanů s životem v obci;
2. místní příspěvek ke globální změně klimatu;
3. místní doprava a přeprava osob;
4. dostupnost veřejné zeleně a místních služeb;
5. kvalita vnějšího ovzduší;
6. cestování dětí do a ze školy;
7. udržitelný management obce a místních podniků;

8. hluková zátěž;
9. udržitelné využívání půdy;
10. udržitelné výrobky.

**Projekt Zdravé město:** Projekt Zdravé město vznikl na základě iniciace Světové zdravotní organizace a Organizace spojených národů v roce 1988 [17]. Zúčastnily se ho nejdůležitější světové metropole a během patnácti let se do projektu zapojilo dalších 1300 měst, obcí a regionů ve třiceti evropských zemích. Zdravá města realizují Místní Agendy 21, jsou součástí evropské kampaně udržitelných měst a obcí. Zdravé město, obec, mikroregion, kraj je prestižní označení pro municipalitu, která je aktivně zapojena do tohoto projektu. V rámci jednotlivých zemí vznikají národní sítě, které spolu spolupracují. Zdravé město není úřední aktivitou, naopak je projektem komunitním, tzn., že otevírá prostor pro posilování aktivit v zájmu obyvatel.

Zdravé město může být město, které se systematicky a dlouhodobě zabývá kvalitou života a udržitelným rozvojem. Zdravé může být také město, které se ptá svých obyvatel na jejich názor. Město, které se nestará jen o životní prostředí, ale zejména o zdravý životní styl svých občanů, přijímá odpovědnost k budoucím generacím. Zdravé město se zabývá všemi oblastmi života, které mohou mít vliv na zdraví a pohodu obyvatel, také prosazováním principů udržitelnosti na místní úrovni a také podporu pozitivních aktivit současné generace. Na obr. 2 je zobrazena představa zdravého města, jak by mělo Zdravé město vypadat, jak si pojem Zdravé město představují občané.



Obr. 2: Vize zdravého města [vlastní].

## **Propojení národní sítě zdravých měst s Lokální Agendou 21**

Lokální agenda 21 je jednou ze základních dokumentových částí akčního programu vytvořeného pro světovou budoucnost, zejména pro jednadvacáté století, tedy dokumentu Agenda 21 tak, jak byl přijat na světovém summitu OSN v Riu de Janeiro v roce 1992 [18]. Tento dokument přikládá velký význam právě místní úrovni, kde se odehrává většina denních aktivit lidské společnosti. Spojení projektu Zdravé město s Lokální Agendou 21 se proto děje téměř přirozeně, bez povšimnutí toho, jak tyto dva projekty do sebe vzájemně prostupují. Lze tedy říci, že tam, kde projekty Zdravé město velice dobře fungují, je zde zavedena i kvalitní Lokální Agenda 21 [17].

### **1.5.5. Strategie udržitelného rozvoje ČR**

Ve Strategii udržitelného rozvoje ČR jsou, stejně jako ve Strategii udržitelného rozvoje EU, vymezeny prioritní oblasti, ve kterých má být o udržitelný rozvoj nejvíce usilováno a jsou zde stanoveny i nástroje, pomocí kterých má být vytyčených cílů dosaženo. Strategie se opírá o řadu principů. Mezi nejdůležitější patří úcta k lidskému životu a přírodě, dalšími významnými principy je sociální soudržnost a solidarita [19]. Dokument je rozdělen na 12 oblastí. Jedná se o ekonomický pilíř, ve kterém jde především o posilování konkurenční schopnosti ekonomiky; environmentální pilíř, ve kterém je kladen důraz na ochranu přírody, životního prostředí a přírodních zdrojů; sociální pilíř, posilující soudržnost a stabilitu; a dále se jedná o tyto oblasti: výzkum, vývoj a vzdělání, evropský a mezinárodní kontext a správa věcí veřejných [20].

Před rokem 1989 nebyla situace v Československu problémům udržitelného rozvoje nijak nakloněna, a proto principy trvale udržitelného rozvoje nebyly všeobecně známy. V roce 1991 byl schválen první zákon o životním prostředí 17/1992 Sb., který obsahuje i základní definici trvale udržitelného rozvoje. Zákon zdůrazňuje zejména právo člověka na příznivé životní prostředí. Novým trendem se stává třídění a recyklování odpadu. Přesto však náročnost výroby v ČR, zejména po energetické stránce zůstává vysoká, velmi výrazně převyšuje průměr EU. Strategie udržitelného rozvoje ČR byla vládou schválena dne 8. prosince 2004. Reaguje na současné potřeby, ale zároveň respektuje vzájemnou rovnováhu sociální, ekonomické a environmentální oblasti, přičemž jejím obecným cílem je zajišťovat co nejvyšší kvalitu života obyvatel a současně i vytvářet příznivé podmínky pro kvalitní život generací budoucích. V roce 2005 byl schválen zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů energie – 180/2005 Sb. [21], který garantuje minimální výkupní ceny a umožňuje výrobcům z obnovitelných zdrojů uzavírat dlouhodobé smlouvy.

Základní časový horizont strategie je rok 2014, některé odvážné úvahy a cíle však míří až do r. 2030, případně i za tento rok podle povahy dané oblasti (například energetika). Strategické i dílčí cíle a nástroje Strategie udržitelného rozvoje ČR jsou formulovány takovým způsobem, aby posilovaly vztahy mezi ekonomickým, environmentálním a sociálním pilířem udržitelnosti [20]. Snaží se směřovat k tendenci rozvoje současné udržitelnosti s cílem udržení co nejvyšší úrovně pro generace budoucí (bere v úvahu možnost, že představy budoucích generací o úrovni kvality života mohou být proti současným představám výrazně odlišné) [22]. Následující strategické cíle [20, 23] berou tuto skutečnost v potaz a podle toho jsou formulovány:

- udržet stabilitu ekonomiky a zajistit její odolnost vůči negativním vlivům;
- podporovat ekonomický rozvoj respektující kapacitu únosnosti životního prostředí a zajišťující udržitelné financování veřejných služeb (udržitelnou ekonomiku);
- rozvíjet a všestranně podporovat ekonomiku založenou na znalostech a dovednostech a zvyšovat konkurenceschopnost průmyslu, zemědělství a služeb;
- zajišťovat na území ČR dobrou kvalitu všech složek životního prostředí a fungování jejich základních vazeb a harmonické vztahy mezi ekosystémy, v nejvyšší ekonomicky a sociálně přijatelné míře uchovat přírodní bohatství ČR tak, aby mohlo být předáno příštím generacím, a zachovat a nesnižovat biologickou rozmanitost;
- systematicky podporovat recyklaci, včetně stavebních hmot (snižující exploataci krajiny a spotřebu importovaných surovin);
- minimalizovat střety zájmů mezi hospodářskými aktivitami a ochranou životního prostředí a kulturního dědictví, hmotného i nehmotného;
- zajišťovat ochranu neobnovitelných přírodních zdrojů (včetně zemědělského půdního fondu);
- zachovat strategickou potravinovou soběstačnost ČR;
- obhajovat a prosazovat národní zájmy ČR v rámci nejširších mezinárodních vztahů, významných mezinárodních organizací i v rámci bilaterálních vztahů;
- dosáhnout splnění mezinárodních závazků ČR v oblasti udržitelného rozvoje;
- přispívat k řešení klíčových globálních problémů udržitelného rozvoje;
- udržet stabilní stav počtu obyvatel ČR a postupně zlepšovat jeho věkovou strukturu;

- trvale snižovat nezaměstnanost na míru odpovídající ekonomicko-sociálnímu motivování lidí k zapojování do pracovních aktivit;
- podporovat rozvoj lidských zdrojů a dosáhnout maximální sociální soudržnosti;
- zajistit stálý růst úrovně vzdělanosti ve společnosti, včetně vzdělanosti v kultuře, a tím zajišťovat konkurenceschopnost české společnosti;
- rozvíjet etické hodnoty v souladu s evropskými kulturními tradicemi;
- udržet vhodné formy rozmanitosti kultur, života venkova a aglomerací. Zajistit kulturní diverzitu a diverzitu životního stylu. Zajistit rovnoprávnost komunit, dosažitelnost služeb dle jejich rozdílných životních potřeb a priorit;
- zpřístupňovat kulturu všem lidem zejména s ohledem na to, že kultura je základní součástí společnosti založené na znalostech a rozvojový faktor;
- podporovat udržitelný rozvoj obcí a regionů;
- podporovat rozvoj veřejných služeb a sociální infrastruktury;
- umožňovat účast veřejnosti na rozhodování a tvorbě strategií ve věcech týkajících se udržitelného rozvoje a vytvářet co nejširší konsenzus při přechodu k udržitelnému rozvoji;
- bránit posilování možností lobbistických a aktivistických skupin vydávat své partikulární zájmy za zájmy udržitelného rozvoje a takto odůvodněné je prosazovat proti zájmům celku;
- zvyšovat efektivnost výkonu a zlepšovat činnost veřejné správy v souladu s požadavky udržitelného rozvoje;
- přijímat opatření při zajišťování vnější a vnitřní bezpečnosti, která by odrážela požadavky ochrany před mezinárodními konflikty a měnící se formy kriminality, včetně mezinárodního zločinu a zejména terorismu.

### **Environmentální pilíř**

Environmentální pilíř se skládá ze tří základních cílů, kterých se snaží dosahovat. V rámci environmentálního pilíře jsou nejdůležitějšími tyto body: ochrana přírody, životního prostředí, přírodních zdrojů a krajiny. První strategický cíl tohoto pilíře zaměřen na udržení co nejvyšší kvality života na celém území České republiky [23], tedy veškerých složek životního prostředí a jejich vazeb. Dále je důležité regenerovat krajinu z dob dřívějších, kdy se lidé o životní prostředí až tak moc nezajímali. V dnešní době je důležité také eliminovat zátěž organismu, která v průmyslových oblastech stále vzniká. Zároveň je důležité v přijatelné míře (a to nejen ekonomicky, ale hlavně environmentálně) uchovat



přírodní bohatství ČR. Druhý strategický cíl se zabývá zejména střety zájmů mezi hospodářskými aktivitami a ochranou životního prostředí. [23]. Třetím strategickým cílem je přispívat přiměřenou mírou k řešení evropských i globálních environmentálních problémů [23]. Přiměřenou mírou znamená, že při řešení světových problémů nesmí být zanedbávány vlastní hrozby a nesmí být významně ohrožen ekonomický růst [20, 23].

Ze srovnání hodnot vybraných indikátorů ČR s průměrnými hodnotami EU, OECD a hodnotami některých nových členů EU vyplývá, že vážnými problémy zůstávají např. měrné emise oxidu uhličitého, způsobené mimo jiné vysokým podílem tuhých paliv (hlavně uhlí) ve struktuře tuzemské spotřeby primárních energetických zdrojů, dále nízká energetická efektivita tvorby jednotky HDP, vysoké měrné emise oxidů dusíku. Problémem také zůstává např. kriticky nízká biodiverzita, špatný zdravotní stav a především druhová skladba lesů. V řadě srovnání se však situace v ČR pohybuje v oblasti průměrných hodnot EU, při srovnání s průměrnými hodnotami OECD je situace v ČR často podstatně příznivější. [20, 23]

### **Ekonomický pilíř**

Ekonomický pilíř se skládá ze dvou základních strategických cílů. První z těchto cílů patřící k ekonomickému pilíři se zabývá udržením stability ekonomiky České republiky a hlavním cílem je zajistit její odolnost proti vnějším i vnitřním nebezpečným vlivům. V rámci tohoto strategického cíle je stanoveno několik dílčích cílů, které jsou zaměřeny na některé problémové oblasti. Jedná se zejména o oblast makroekonomickou, fiskální, podnikání, energetiky, dopravy, zemědělství či regionálního rozvoje [23]. Dalším strategickým cílem je zajištění podmínek hospodářského růstu, ale za takových podmínek, aby nebyla zvyšována zaměstnanost, nebylo ohroženo životní prostředí a aby byla posilována sociální oblast a dokonce, aby mohlo docházet k postupnému snižování veřejného dluhu [20, 23].

V rámci OECD a jeho mezinárodního srovnávání je ČR podle výše hrubého domácího produktu na obyvatele na 24. místě a na prvním místě mezi novými členskými státy EU (Slovinsko není členem OECD). Dále je ČR na třetím místě v podílu průmyslu na hrubé přidané hodnotě (HPH), na prvním místě v podílu výdajů na tvorbě hrubého fixního kapitálu a na 12. místě v daňovém zatížení. Důkazem otevřenosti ekonomiky ČR je 5. místo v poměru exportu k HDP a 4. místo v poměru dovozu k HDP. [20, 23]

## **Sociální pilíř**

Sociální pilíř se také skládá ze tří pilířů, které podepírají celou sociální oblast České republiky. Pod první strategický cíl spadá podpora rozvoje lidských zdrojů s hlavním cílem dosahovat maximální sociální soudržnosti. K tomuto strategickému cíli se vztahuje skupina dílčích cílů. K jejich naplnění vláda s využitím svých disponibilních nástrojů [23]. Mezi nejvýznamnější nástroje patří např. to, že vláda: nadále zaručí minimální příjem pro udržení důstojného života a k ochraně před sociálním vyloučením; bude podporovat rodiny ohrožené chudobou; bude pomáhat rodinám lépe sloučit profesní a rodičovské povinnosti; bude podporovat prevenci kriminality dětí a mládeže; v rámci pomoci handicapovaným osobám bude pokračovat v jejich integraci do společnosti; bude pokračovat v podpoře obnovy venkova; zavede opatření ke zvýšení odpovědnosti občanů za jejich zdraví; udrží přiměřený rozsah finančního podílení se pacientů na zdravotní péči; bude pokračovat v podpoře kultury atd. [20, 23]

Plnění uvedených dílčích cílů se bude sledovat zejména podle těchto indikátorů [20, 23]:

- počet bytů na 1000 obyvatel (počet);
- soubor sociálních dávek k ochraně před sociálním vyloučením;
- populace žijící pod hranicí chudoby před a po sociálních transferech (%);
- Giniho index nerovnosti příjmů (bezrozměrné);
- Index daňové progresivity (Suits index) (-1 až +1);
- podíl mandatorních výdajů na celkových veřejných výdajích (%)
- výdaje na zdravotnictví podle zdroje (mld Kč, USD v paritě kupní síly; % HDP);
- standardizovaná úmrtnost podle příčin smrti /kardiovaskulární choroby, nádorová onemocnění, sebevraždy atd./ (počet na 100 000 obyvatel);
- podíl výdajů na kulturu na celkových výdajích veřejných rozpočtů (%).

Druhým strategickým cílem je záměr trvale snižovat nezaměstnanost na míru tzv. přirozené míry nezaměstnanosti, což je míra odpovídající ekonomicko-sociálnímu motivování lidí k zapojování do pracovních aktivit. K tomuto strategickému cíli se také vztahuje skupina dílčích cílů. K jejich naplnění vláda prostřednictvím svých disponibilních nástrojů, např. zajistí vytvoření a rozvoj „začleňujícího“ trhu práce v souladu s hospodářskou politikou státu, podporu zaměstnanosti a zaměstnatelnosti; bude reagovat na pokračující strukturální změny; bude podporovat rozvíjení preventivních a poradenských aktivit; bude podporovat motivaci a aktivizaci nezaměstnaných a osob ohrožených vytvoří předpoklady, aby se práce vyplatila oproti pasivnímu přijímání dávek

sociální péče; bude podporovat zvyšování zaměstnatelnosti odpovídajícími rekvalifikačními aktivitami; zaměří aktivity úřadů práce na realizaci preventivních opatření a na zvýšení adresnosti v poskytování finančních podpor [23].

Plnění uvedených dílčích cílů se bude sledovat zejména podle těchto indikátorů [20, 23]:

- obecná míra registrované nezaměstnanosti podle věkových skupin (%);
- míra zaměstnanosti podle věkových skupin (%).

Třetím strategickým cílem je udržet stabilní stav počtu obyvatel ČR, dlouhodobě jej zvyšovat a zlepšovat jeho věkovou strukturu. K tomuto strategickému cíli se vztahuje skupina dílčích cílů, v jejichž rámci vláda prostřednictvím svých disponibilních nástrojů zajistí např.: formulování koncepce pronatalitní rodinné politiky s cílem dosáhnout zvýšení úhrnné plodnosti; ochranu rodiny před tlaky vyplývajícími z forem soudobé civilizace, zejména tlaky vyvolávané participací členů rodiny v ekonomických aktivitách; trvalost zvláštní ochrany matkám v přiměřeném období před a po narození dítěte; finančně dostupné bydlení pro mladé rodiny; formulování koncepce dlouhodobé migrační politiky; stimulace tvorby nových pracovních míst pro mladé lidi.

Plnění uvedených dílčích cílů se bude sledovat zejména podle těchto indikátorů [20, 23]:

- růst populace (% meziročně);
- podíl osob v populaci nad 65 a pod 15 let (%);
- úhrnná míra plodnosti (počet);
- míra nezaměstnanosti mladých do 25 let (%);
- míra nezaměstnanosti starších pracovníků nad 55 let (%);
- počet bytů na 1000 obyvatel (počet);
- sociální příplatek pro rodiny s dětmi (počet).

Problémy v oblasti zdravotního a sociálního systému jsou společné všem zemím EU a vyplývají z nepříznivého demografického vývoje v kombinaci s příznivým vývojem v oblasti očekávané doby dožití [23] (počet obyvatel přispívajících do průběžně financovaných systémů zdravotní péče a důchodového pojištění setrvale klesá, zatímco počet obyvatel čerpajících prostředky z těchto systémů setrvale roste). ČR je však navíc zemí s druhou nejnižší porodností na světě [23].

**Lokální Agenda 21 v České republice:** Česká republika je jednou ze zemí, které v roce 1992 přijaly závazky ze Summitu Země v Rio de Janeiru. K Lokální Agendě 21 se však donedávna stavěla velmi váhavě. V prvních letech po Summitu, zejména z politických důvodů, neexistovala u nás žádná informační, metodická ani finanční podpora v této

oblasti. V období následujícím po summitu v Rio de Janeiru došlo k celosvětovému rozvoji místních Agend. Od druhé poloviny devadesátých let začalo projekty Lokální Agendy 21 otevřeně podporovat Ministerstvo životního prostředí ve svém výběrovém řízení na podporu projektů občanských sdružení. V roce 1994 vzniká v ČR Národní síť zdravých měst, která později převzala jeden z modelů Lokální Agendy 21 jako jeden z hlavních nástrojů dobré správy [24].

## **1.6. Shrnutí kapitoly**

Trvale udržitelný rozvoj v dnešní době znamená takovou úroveň rozvoje společnosti, která současným i budoucím generacím zachová schopnost uspokojit základní životní potřeby, a přitom nesníží strukturu okolní přírody a zachovává všechny přirozené funkce ekosystému. Udržitelný rozvoj znamená tedy rovnováhu mezi třemi základními oblastmi života – ekonomikou, sociálními aspekty života a životním prostředím. Velký význam má i rovnováha mezi jednotlivými zeměmi, regiony, dokonce i jednotlivými obcemi, jakožto samostatnými správními jednotkami, společenskými a především náboženskými skupinami, dneškem a budoucností. Současná společnost má velkou chuť i vůli trvalé udržitelnosti dosahovat. Již od minulého století vznikaly různé projekty, které se udržitelným rozvojem zabývaly a do dnešní doby stále zabývají. Jedná se například o celosvětový projekt Zdravé město a s tímto projektem úzce propojená Lokální Agenda 21.

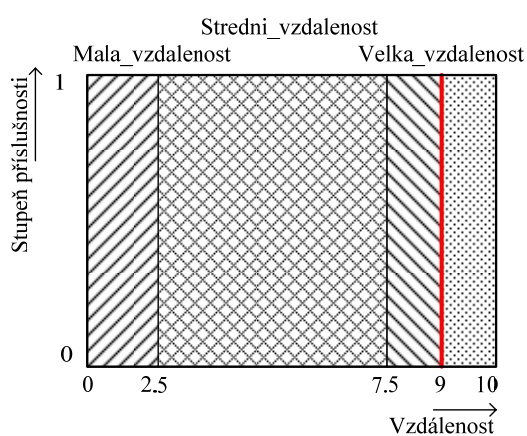
## 2. Základní charakteristika hierarchických FIS

V této kapitole bude diskutována problematika teorie fuzzy množin, které představují základ tvorby fuzzy inferenčních systémů (FIS). Pomocí fuzzy množin lze zpracovat nenumerné informace, jako by se jednalo o informace numerické, a to prostřednictvím jazykových (nebo také lingvistických) proměnných. Fuzzy informační systémy budou navrhovány v grafickém uživatelském prostředí MATLAB v následující kapitole.

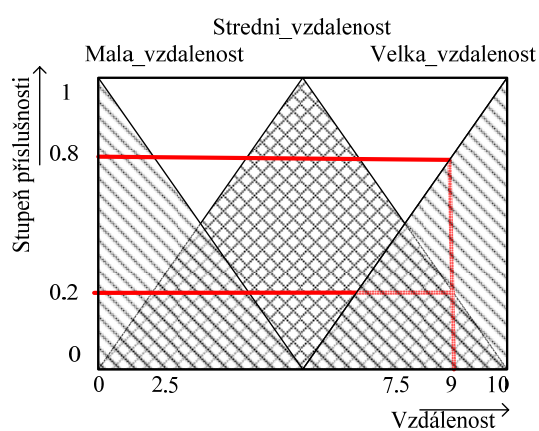
### 2.1. Definování fuzzy množin

Fuzzy množiny umožňují vyjádřit nenumernou informaci jako numerickou, umožňují zpracovávat sémantiku slov přirozeného jazyka. Necht'  $X$  je proměnná ve smyslu klasické matematiky a  $U$  je množina hodnot, ve smyslu klasické teorie množin, které může proměnná  $X$  nabývat. Proměnná  $X$  se nazývá bázová proměnná a množina  $U$  univerzum, nebo také referenční množina. Referenční množina je reprezentována osou reálných čísel, nebo její podmnožinou. Dále necht' každému prvku  $u \in U$  je přiřazeno reálné číslo  $A(u) \in [0,1]$ . Číslo  $A(u)$  udává na intervalu  $[0,1]$  stupeň příslušnosti toho, že bázová proměnná  $X$  nabývá právě hodnotu  $u$ . Pomocí teorie množin je takovýmto způsobem, tedy pomocí funkce příslušnosti  $A(u)$  definována fuzzy množina na příslušném univerzu [25].

Rozdíl mezi klasickou množinou a fuzzy množinou je v tom, že v klasické teorii množin je ostré odlišení mezi tím, zda prvek do množiny patří či nepatří. To lze charakterizovat hodnotami 0 anebo 1. Jestliže je místo množiny  $\{0,1\}$  použitý interval  $[0,1]$ , tj. množina přípustných hodnot charakteristické funkce, lze pracovat se stupněm příslušnosti prvku do dané množiny. Stupně 0 a 1 jsou mezní hodnoty charakteristické funkce [25].



Obr. 3: Klasická množina [17].

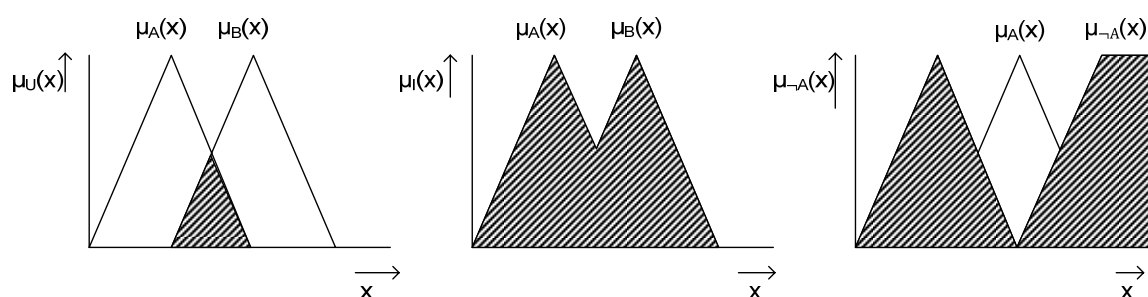


Obr. 4: Fuzzy množina [17].

Na obr. 3 a 4 jsou zobrazeny klasická a fuzzy množina. Jsou vyjádřeny hodnotami mala\_vzdálenost, střední\_vzdálenost a velká\_vzdálenost jazykové proměnné Vzdálenost. Jazyková proměnná je vyjádřena jako pětice  $JP = (u, T(u), U, G, M)$ , kde:

- $u$  je jméno proměnné,
- $T(u)$  je množina hodnot jazykové proměnné,
- $U$  je univerzum,
- $G$  je syntaktické pravidlo, pomocí kterého jsou generované lingvistické hodnoty  $t \in T(u)$ ,
- $M$  je sémantické pravidlo, které přiřazuje každému termu jeho význam.

Nechť  $A, B, C$  jsou fuzzy množiny a  $\emptyset$  je prázdná množina. Potom lze definovat funkce příslušnosti znázorněné na obrázku 3. Funkce příslušnosti bude v dalším popisu značena symbolem  $\mu$ . Na obr. 5 jsou zobrazeny funkce příslušnosti průniku  $\mu_I(x)$ , sjednocení  $\mu_U(x)$  a doplňku  $\mu_{\neg A}(x)$  [25].



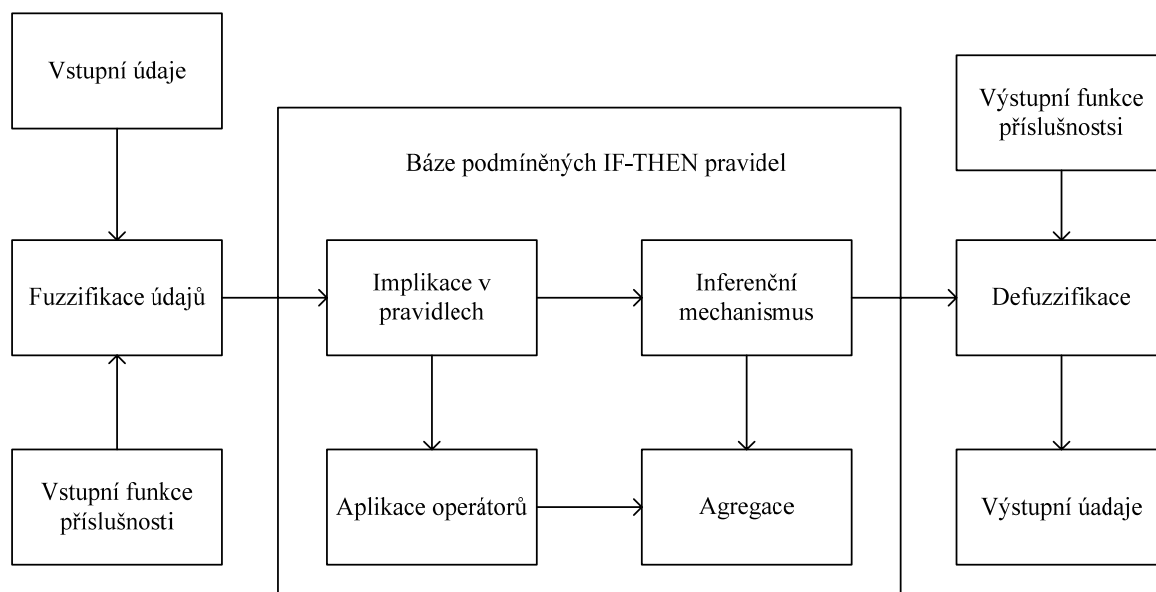
Obr. 5: Funkce příslušnosti [17].

Funkce příslušnosti  $\mu_I(x)$  průniku  $I = A \cap B$  je ve tvaru  $\mu_I(x) = \text{MIN} \{ \mu_A(x), \mu_B(x) \}$ , s těmito vlastnostmi:  $A \cap B = A$ ,  $A \cap \emptyset = \emptyset$ ,  $A \cap B = B \cap A$ ,  $A \cap (B \cap C) = (A \cap B) \cap C$ . Funkci příslušnosti  $\mu_U(x)$  sjednocení  $U = A \cup B$  je ve tvaru  $\mu_U(x) = \text{MAX} \{ \mu_U(x), \mu_U(x) \}$  s těmito vlastnostmi:  $A \cup X = X$ ,  $A \cup \emptyset = A$ ,  $A \cup B = B \cup A$ ,  $A \cup (B \cup C) = (A \cup B) \cup C$ . Funkce příslušnosti  $\mu_{\neg A}(x)$  doplňku  $\neg A = 1 - A$  má tvar:  $\mu_{\neg A}(x) = 1 - \mu_A(x)$ .

## 2.2. Všeobecná struktura fuzzy inferenčních systémů

Všeobecná struktura FIS je znázorněna na obr. 6. Obsahuje proces fuzzifikace vstupních proměnných pomocí funkcí příslušnosti, návrh báze podmíněných pravidel, aplikaci operátorů (AND, OR, NOT) v podmíněných pravidlech, implikaci a agregaci v rámci těchto pravidel a proces defuzzifikace získaných výstupů na ostré hodnoty. Na základě všeobecné struktury FIS lze navrhnout dva jeho základní typy, a to typ Mamdani a typ

Takagi – Sugeno. Oba dva FIS jsou odlišné ve způsobu určení výstupů. Různá formulace výstupů způsobuje různou konstrukci podmíněných IF – THEN pravidel. Fuzzifikace vstupních proměnných a aplikace operátorů v podmíněných pravidlech jsou v obou dvou FIS stejné. Báze podmíněných pravidel se skládá z PP. Tato pravidla se používají na tvorbu podmínkových výroků, které tvoří základ FIS [25].



Obr. 6: Všeobecná struktura fuzzy inferenčního systému [17].

Nechť  $x_1, x_2, \dots, x_n$  jsou vstupní proměnné definované na referenčních množinách  $X_1, X_2, \dots, X_n$  a  $y$  je výstupní proměnná definovaná na referenční množině  $Y$ . Potom FIS má  $n$  vstupních proměnných a jednu výstupní proměnnou. Fuzzy množina  $\mu_1(y), \mu_2(y), \dots, \mu_{pk}(y), \dots, \mu_o(y)$  představují přiřazení hodnot jazykových proměnných pro množinu  $Y$ . Potom podmíněná pravidla ve FIS typu Mamdani lze zapsat ve tvaru:

IF  $x_1$  is  $A_1^i$  AND  $x_2$  is  $A_2^i$  AND ... AND  $x_n$  is  $A_{pj}^i$  THEN  $y$  is  $B, i = 1, 2, \dots, n; j = 1, \dots, m,$

kde:

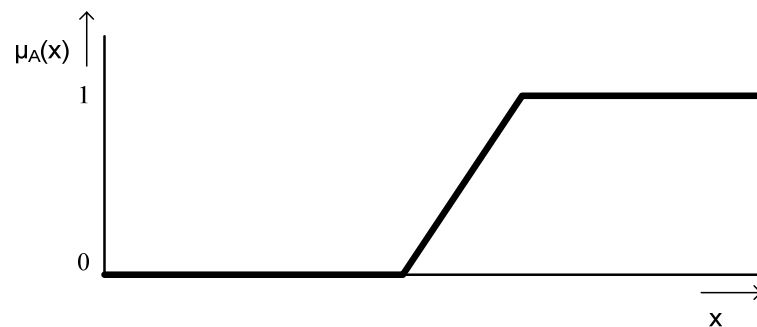
- $A_1^i, \dots, A_{pj}^i$  reprezentují hodnoty jazykové proměnné, které odpovídají fuzzy množinám  $\mu_1^i(x), \mu_2^i(x), \dots, \mu_{pj}^i(x), \dots, \mu_m^i(x), i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m$ .
- $B$  reprezentuje hodnoty jazykové proměnné, která odpovídá fuzzy množinám  $\mu_1(y), \mu_2(y), \dots, \mu_{pk}(y), \dots, \mu_o(y), k = 1, \dots, o.$

Modifikací FIS typu Mamdani lze získat FIS typu Takagi – Sugeno. Výstupem FIS T – S je ostré číslo, které je získané jako lineární kombinace hodnot vstupních proměnných.

IF  $x_1$  is  $A_1^i$  AND  $x_2$  is  $A_2^i$  AND ... AND  $x_n$  is  $A_{pj}^i$  THEN  $y$  is  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ ,  $i = 1, \dots, n$ ;  
 $j = 1, \dots, m$ , kde  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  je lineární funkce. [25].

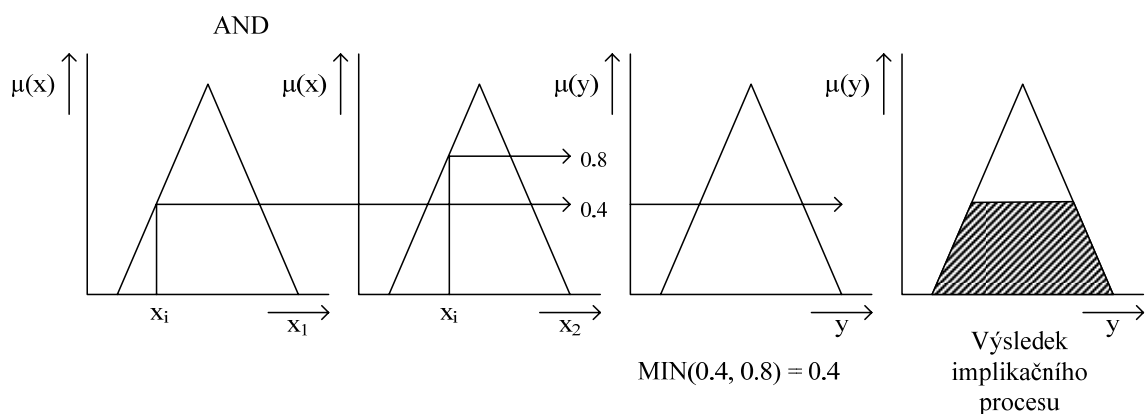
Pravá strana podmíněného pravidla ve fuzzy inferenčním systému typu Mamdani je fuzzy množina a v podmíněném pravidle typu Takagi – Sugeno se získá jako lineární kombinace hodnot vstupních proměnných. Dále, podmíněné pravidlo se skládá ze dvou částí, a to antecedentu a konsekventu. Základní logické operátory v podmíněných pravidlech jsou AND, OR, NOT [25].

Výstupem fuzzifikačního procesu (obr. 7) je stupeň příslušnosti (hodnota z intervalu  $[0,1]$ ), který je přiřazený pro každou hodnotu  $x \in X$  pomocí funkce příslušnosti. Tedy vstupem do fuzzifikačního procesu je ostrá hodnota, která je limitována univerzem (referenční množinou).



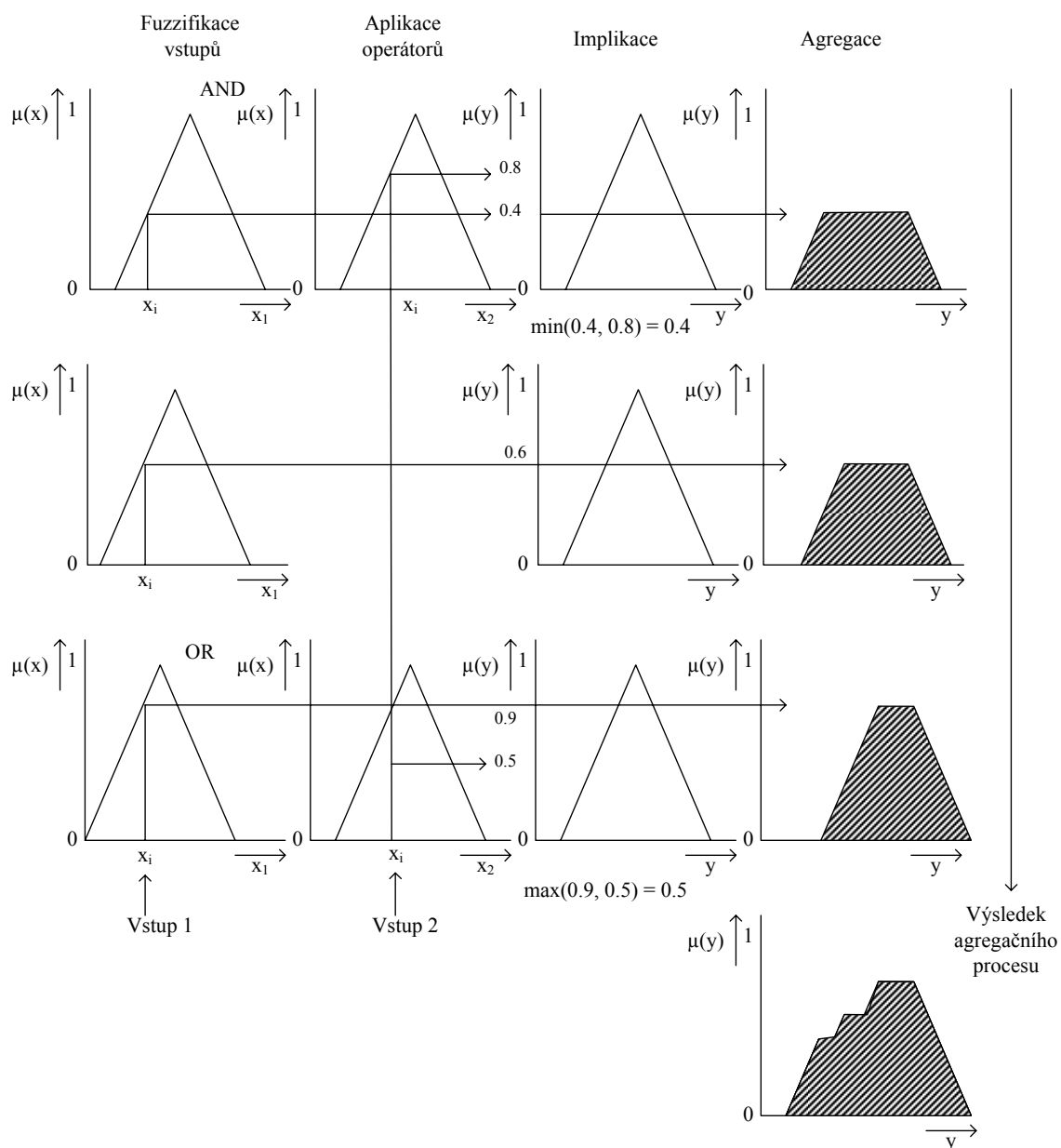
Obr. 7: Fuzzifikace dat prostřednictvím funkce příslušnosti [17].

Nechť  $C$  je výstupní fuzzy množina, která prošla agregačním procesem a necht' defuzzifikovaná hodnota výstupu je  $y_0(C)$ . Potom defuzzifikační proces lze zapsat ve tvaru  $D: [0,1] \rightarrow y_0(C)$ . Pod implikací (obr. 8) se rozumí změna funkce příslušnosti konsekventu pomocí funkce, která je asociovaná s výstupem antecedentu. Tedy, vstupem do implikačního procesu je hodnota z intervalu  $[0,1]$  a výstupem je modifikovaná fuzzy množina. Implikační proces se uskutečňuje pro každé podmíněné pravidlo [25].



Obr. 8: Implikační proces [17].





Obr. 9: Agregační proces [17].

Agregaci (viz. obr. 9) lze definovat jako transformaci výstupů každého podmíněného pravidla do jedné výstupní fuzzy množiny. Tato množina je nejprve defuzzifikovaná, čímž se přiřadí ostrá hodnota výstupní proměnné. Agregace se uskutečňuje pro každou výstupní proměnnou. Vstupem do agregačního procesu jsou modifikované fuzzy množiny, které prošly implikačním procesem. Výstupem agregačního procesu je jedna fuzzy množina pro každou výstupní proměnnou [25].

### 2.3. Klasifikace

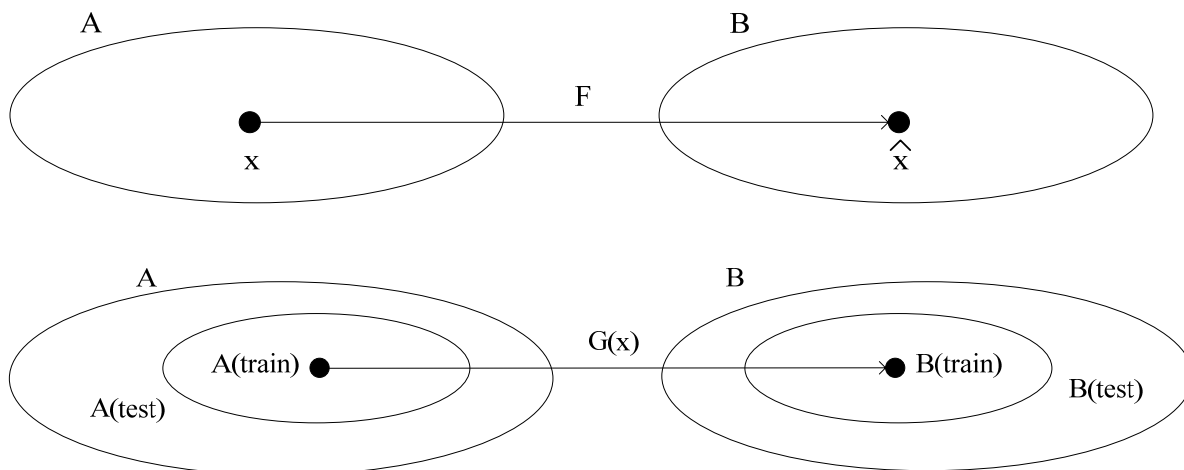
Úloha klasifikace spočívá v zařazování objektů, popřípadě jevů a situací reálného světa, do tříd. Každý z posuzovaných objektů je při dostatečně podrobném popisu jedinečný, pojem třída představuje jisté zevšeobecnění. Nejdříve je třeba stanovit hledisko, podle něhož budou objekty posuzovány (tj. určit veličiny, které je charakterizují). Těmto veličinám je třeba stanovit časoprostorovou rozlišovací úroveň, tedy přesnost a frekvenci, s jakou budou měřeny. Potom lze říci, že se na objektu definuje systém. Definici systému, tj. volbu dat a způsob, jak budou měřena, provádí řešitel úlohy na základě analýzy úlohy. Ačkoli tato část bývá významná pro dosažený výsledek, nezahrnuje se do úlohy klasifikace a nelze pro ni vypracovat obecnou metodu. Získaná data jsou vstupem do procesu klasifikace. Klasifikace má dvě části: zpracování dat naměřených na objektu a přiřazení indikátorů třídy jednotlivým popisům (samotná klasifikace). Algoritmus, který klasifikaci provádí, se nazývá klasifikátor. Klasifikátor tedy zobrazuje množinu vektorů příznaků na množinu indikátorů tříd, tzn., že se definuje rozhodovací pravidlo, podle kterého se bude klasifikace provádět. Klasifikátor je možné nastavit dvěma způsoby [26]:

- analýzou problému a nastavením rozhodovacího pravidla ještě před samotnou klasifikací;
- nastavení klasifikátoru učením, tzn., sestaví se rozhodovací pravidlo s použitím objektů, jejich správná klasifikace je předem již známa. Tato množina se nazývá trénovací množina.

#### Všeobecný klasifikační problém

Zavede se všeobecná formulace klasifikačního problému pomocí pojmu zobrazení. Funkce definované nad dvěma množinami  $A$  a  $B$ . Tento přístup bude užitečný pro interpretaci neuronových sítí jako klasifikátoru nebo predátoru. Necht'  $F(x)$  je funkce definovaná nad množinou  $A$ , která přiřadí každému elementu  $x \in A$  obraz, tzn. funkční hodnotu z množiny  $B$   $\hat{x} = F(x) \in B$ ,  $F: A \rightarrow B$ . Necht'  $G(x, w)$  je funkce, jejíž argumenty jsou z konečné podmnožiny  $A_{\text{train}} = \{x_1, x_2, \dots, x_r\} \subset A$  (nazývané tréninková množina) a  $w$  je parametr (nebo parametry) zobrazení  $G$ , potom  $\hat{x} = G(x, w) \in B_{\text{train}} \subset B$  (viz. obr. 10), [27]

$$G(w): A_{\text{train}} \rightarrow B_{\text{train}}$$



Obr. 10: Schematické znázornění zobrazení [27].

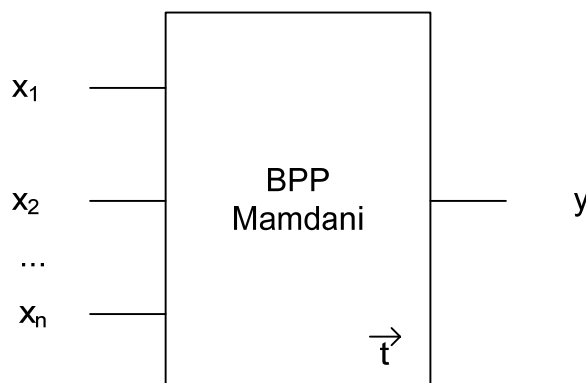
Formálně lze říci, že zobrazení  $G(w)$  je restrikce zobrazení  $F(x)$  nad množinou  $A_{\text{train}} \subset A$ . Komplement  $A_{\text{train}}$  vzhledem k množině  $A$  je označen  $A_{\text{test}}$  (nazývaný testovací množina) a je dán vztahem  $A_{\text{test}} = A \setminus A_{\text{train}}$ .

Předpokládá se, že pro každé  $x_i \in A_{\text{train}}$  je znám požadovaný obraz – funkční hodnotu  $\hat{x}_i$ ,  $x_1/\hat{x}_1, x_2/\hat{x}_2, \dots, x_r/\hat{x}_r$ . Požadované funkční hodnoty  $\hat{x}_j$  jsou interpretované jako obrazy funkce  $F$ .  $\hat{x}_j = F(x_j)$ ; ( $i = 1, 2, \dots, r$ ).

Cílem úvah je najít takový parametr (nebo parametry)  $w$  funkce  $G(w, x)$ , aby funkční hodnoty argumentů z tréninkové množiny  $A_{\text{train}}$  byli nejbližší obrazem funkce  $F(x)$  (tj. požadovaným hodnotám) [27].

## 2.4. Obecná charakteristika hierarchických struktur

Nechť existuje FIS typu Mamdani (obr. 11). Počet podmíněných pravidel ve FIS vypočítáme jako  $p = k^n$ , kde,  $k$  je počet funkcí příslušnosti,  $n$  je počet vstupních proměnných a  $p$  je počet podmíněných pravidel [28].



Obr. 11: Znázornění vstupu a výstupu FIS typu Mamdani [vlastní].

Pro velký počet  $n$  vstupních proměnných může být FIS Mamdani vzhledem k nárůstu  $p$  podmíněných pravidel neefektivní. Systém se musí rozdělit. Tato činnost se nazývá rozklad úlohy na podúlohy (obr. 12), na elementární úlohy, které jsou triviálně řešitelné [27]. Úloha je triviálně řešitelná, až bude mít systém pouze 2 vstupy ( $m = 2$ ).

$$p = k^n \text{ pro } m = 2. \text{ [28]}$$

Pro jeden vstup nelze vytvořit kombinace pravidel, systém tedy musí mít minimálně 2 vstupy. Rozkladem úlohy na podúlohy se sníží výpočetní náročnost. Definování podmíněných pravidel (dekompozice na podúlohy) pro 1. úroveň:

IF  $x_1$  is  $A_{1,1}$  AND  $x_2$  is  $A_{1,2}$  AND ... AND  $x_n$  is  $A_{1,n_1}$  THEN  $y_1$  is  $B_1$ ,

$i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$ , kde [28]:

- $n_1$  je počet vstupních proměnných 1. úrovně,
- $x_1, x_2, \dots, x_{n_1}$  jsou vstupní proměnné,
- $A_{1,1}, \dots, A_{1,n_1}, B_1$  jsou hodnoty jazykové proměnné které odpovídají fuzzy množinám.

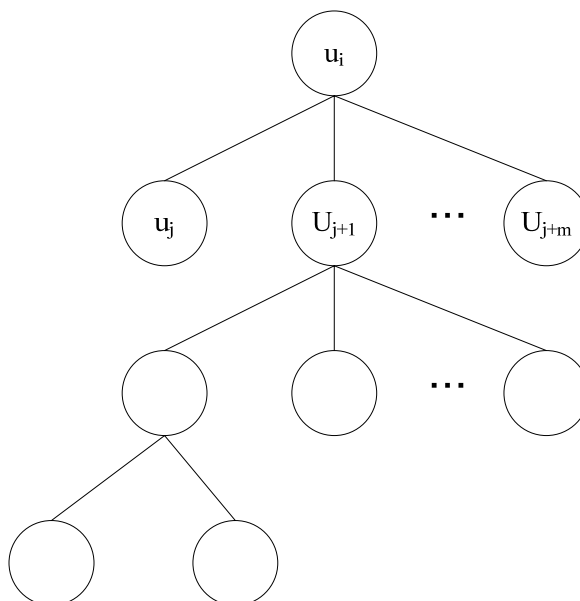
Podmíněná pravidla v  $q$ -té úrovni:

IF  $x_{nq-1,1}$  is  $A_{nq,1}$  AND  $x_{nq-1,2}$  is  $A_{nq,2}$  AND ... AND  $x_{nq-1,nq}$  is  $A_{nq,nq}$  THEN  $y_q$  is  $B_q$ ,

kde:

- $n_q$  je počet vstupních proměnných v  $q$ -té úrovni  

$$N_q = \sum_{j=1}^{q-1} n_j \leq n,$$
- $x_{nq-1,1}, \dots, x_{nq-1,nq}$  jsou vstupní proměnné v  $q$ -té úrovni [28].



Obr. 12: Rozklad úlohy na podúlohy [vlastní].

V hierarchické struktuře FIS je počet  $p$  podmíněných pravidel určen

$$p = \left( \frac{n-t}{t-1} + 1 \right) \cdot k^t,$$

kde  $t$  je počet proměnných obsažených v každé úrovni.

Minimálního počtu  $p$  podmíněných pravidel je dosaženo tehdy, pokud každý subsystém v HSFIS má pouze 2 vstupy ( $t=2$ ). Tehdy představuje triviálně řešitelnou úlohu, která je získána dekompozicí (rozkladem) úlohy na podlohy, pokud se už víc nedají dekomponovat. Jestliže  $t = 2$ , potom  $p = (n - 1) \times k^2$ .

Tabulka 1: Srovnání počtu  $p$  podmíněných pravidel pro fis typu HSFIS; zdroj: [27]

n	FIS				HSFIS			
	K=3	K=4	K=5	K=6	K=3	K=4	K=5	K=6
1	9	16	25	36	není definovaný			
2	27	64	125	216	18	32	50	72
3	81	256	725	1296	27	48	75	108

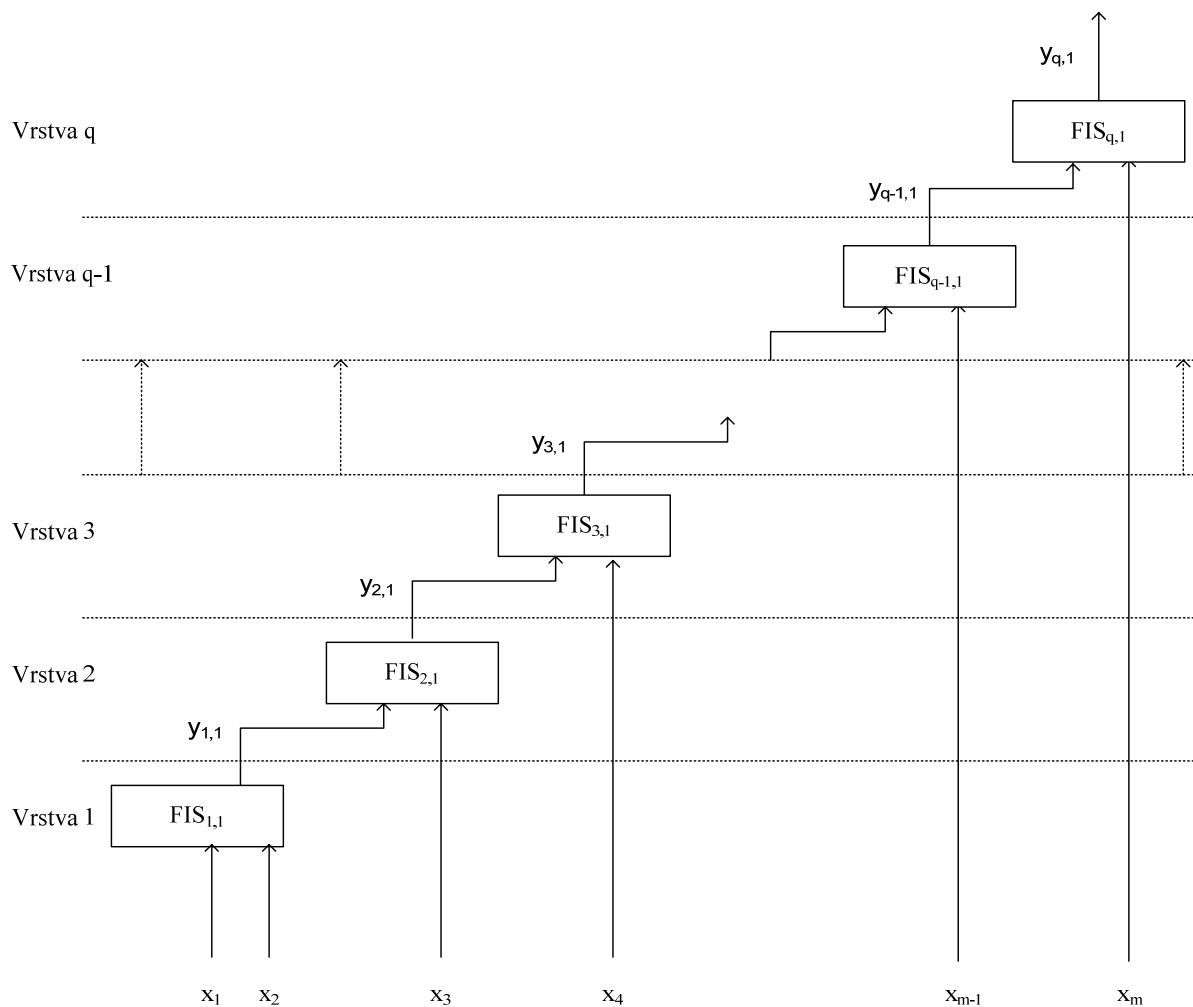
#### 2.4.1. Kaskádní hierarchická struktura

Kaskádovou strukturu HSFIS lze formálně vyjádřit pomocí podmíněných pravidel  $R^{h1,1}, R^{h2,1}, \dots, R^{hq,1}$  a výstupů  $y^{1,1}, y^{2,1}, \dots, y^{q,1}$  jednotlivých dílčích FIS<sub>1,1</sub>, FIS<sub>2,1</sub>, ..., FIS<sub>q,1</sub>, které reprezentují elementární úlohy [29]. Podmíněná pravidla pravidel  $R^{h1,1}, R^{h2,1}, \dots, R^{hq,1}$  HSFIS1 lze vyjádřit takto (obr. 13):

vrstva 1: FIS<sub>1,1</sub>  $R^{h1,1}$ : IF  $x_1$  is  $A_1^{h1,1}$  AND  $x_2$  is  $A_2^{h1,1}$  THEN  $y^{1,1}$  IS  $B^{h1,1}$   
 vrstva 2: FIS<sub>2,1</sub>  $R^{h2,1}$ : IF  $y^{1,1}$  is  $B^{h1,1}$  AND  $x_3$  is  $A_3^{h2,1}$  THEN  $y^{2,1}$  IS  $B^{h2,1}$   
 ...  
 Vrstva q: FIS<sub>q,1</sub>  $R^{hq,1}$ : IF  $y^{q-1,1}$  is  $B^{hq-1,1}$  AND  $x_n$  is  $A_n^{hq,1}$  THEN  $y^*$  IS  $B^{hq,1}$

kde:

- $h_{1,1} = h_{2,1} = h_{q,1} = \{1, 2, \dots, k^2\}$ ,
- $A_1^{h1,1}, A_2^{h2,1}, \dots, A_n^{hq,1}$  reprezentují jazykové proměnné odpovídající fuzzy množinám  $\mu_1^{h1,1}(x_i), \mu_2^{h1,1}(x_i), \dots, \mu_n^{hq,1}(x_i)$ ;
- $B^{h1,1}, B^{h2,1}, \dots, B^{hq,1}$  reprezentují lingvistické proměnné odpovídající fuzzy množinám  $\mu_1^{h1,1}(y^{1,1}), \mu_2^{h1,1}(y^{2,1}), \dots, \mu_n^{hq,1}(y^*)$ ;
- $\mu_1^{h1,1}(y_1^{1,1}), \mu_2^{h2,1}(y_2^{2,1}), \dots, \mu_n^{hq,1}(y_i^{q,1})$  jsou hodnoty funkce příslušnosti agregované fuzzy množiny pro hodnoty  $y_i^{1,1}, y_i^{2,1}, \dots, y_i^{q,1}$ . [29]



Obr. 13: Kaskádová hierarchická struktura [29].

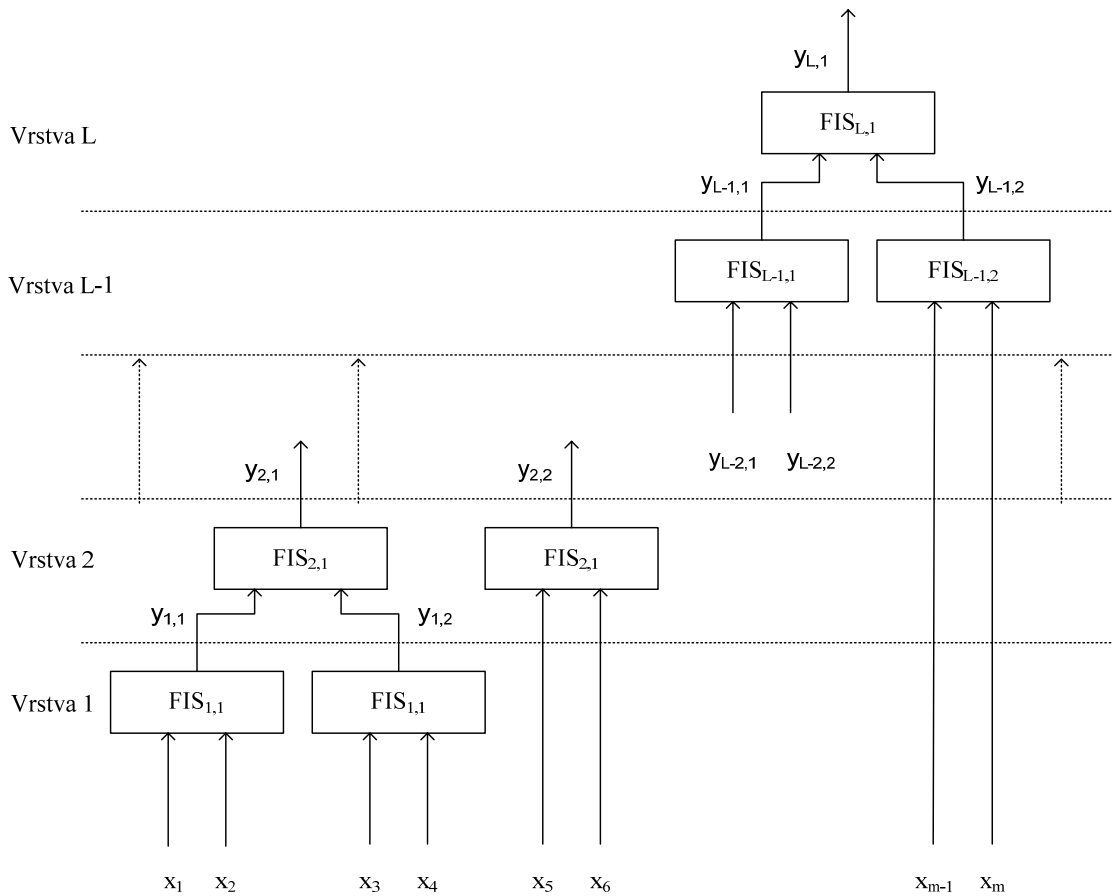
## 2.4.2. Stromová struktura

Stromovou hierarchickou strukturu HSFIS2 lze formálně vyjádřit pomocí podmíněných pravidel  $R^{h1,1}, R^{h2,1}, \dots, R^{hL,1}$  a výstupů  $y^{1,1}, y^{2,1}, \dots, y^{L,1}$  jednotlivých dílčích FIS<sub>1,1</sub>, FIS<sub>2,1</sub>, ..., FIS<sub>L,1</sub>, které reprezentují elementární úlohy. Podmíněná pravidla  $R^{h1,1}, R^{h2,1}, \dots, R^{hL,1}$  lze vyjádřit takto (obr. 14):

vrstva 1:	FIS <sub>1,1</sub>	$R^{h1,1}$ : IF $x_1$ is $A_1^{h1,1}$ AND $x_2$ is $A_2^{h1,1}$ THEN $y^{1,1}$ IS $B^{h1,1}$
	FIS <sub>1,1</sub>	$R^{h1,2}$ : IF $x_3$ is $A_3^{h1,2}$ AND $x_4$ is $A_4^{h1,2}$ THEN $y^{1,2}$ IS $B^{h1,2}$
vrstva 2:	FIS <sub>2,1</sub>	$R^{h2,1}$ : IF $y^{1,1}$ is $B^{h1,1}$ AND $y^{1,2}$ is $B^{h1,2}$ THEN $y^{2,1}$ IS $B^{h2,1}$
	FIS <sub>2,1</sub>	$R^{h2,2}$ : IF $x_5$ is $A_5^{h2,2}$ AND $x_6$ is $A_6^{h2,2}$ THEN $y^{2,2}$ IS $B^{h2,2}$
...		
Vrstva L:	FIS <sub>L,1</sub>	$R^{hL,1}$ : IF $y^{L-1,1}$ is $B^{hL-1,1}$ AND $y^{L-1,2}$ is $B^{hL-1,2}$ THEN $y^*$ IS $B^{hL,1}$

kde:

- $h_{1,1} = h_{2,1} = \dots = h_{L,1} = \{1, 2, \dots, k^2\}$ ,
- $A_1^{h_{1,1}}, A_2^{h_{2,1}}, \dots, A_n^{h_{L,1}}$  reprezentují jazykové proměnné odpovídající fuzzy množinám  $\mu_1^{h_{1,1}}(x_i), \mu_2^{h_{2,1}}(x_i), \dots, \mu_n^{h_{L,1}}(x_i)$ ;
- $B^{h_{1,1}}, B^{h_{2,1}}, \dots, B^{h_{L,1}}$  reprezentují lingvistické proměnné odpovídající fuzzy množinám  $\mu_1^{h_{1,1}}(y^{1,1}), \mu_2^{h_{2,1}}(y^{2,1}), \dots, \mu_n^{h_{L,1}}(y^*)$ ;
- $\mu_B^{h_{1,1}}(y_1^{1,1}), \dots, \mu_B^{h_{L,1}}(y_i^{L,1})$  jsou hodnoty funkce příslušnosti agregované fuzzy množiny pro hodnoty  $y_1^{1,1}, y_2^{2,1}, \dots, y_J^{L,1}$ .



Obr. 14: Stromová hierarchická struktura [29].

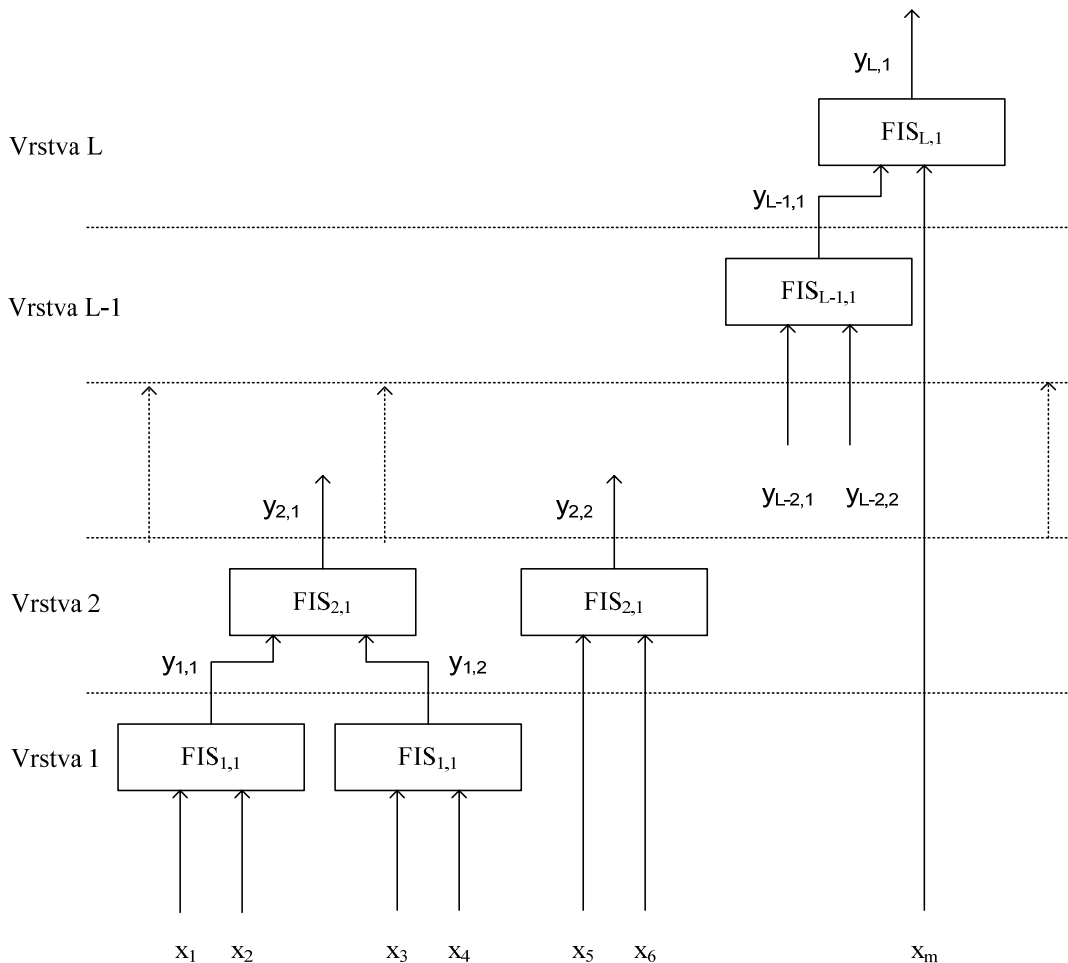
### 2.4.3. Kombinace stromové a kaskádní struktury FIS

Hybridní hierarchickou strukturu fuzzy inferenčního systému HSFIS3 lze formálně vyjádřit pomocí podmíněných pravidel  $R^{h_{1,1}}, R^{h_{2,1}}, \dots, R^{h_{L,1}}$  a výstupů  $y^{1,1}, y^{2,1}, \dots, y^{L,1}$  jednotlivých dílčích  $FIS_{1,1}, FIS_{2,1}, \dots, FIS_{q,1}$ , které reprezentují elementární úlohy. Podmíněná pravidla  $R^{h_{1,1}}, R^{h_{2,1}}, \dots, R^{h_{L,1}}$  jako kombinace kaskádní a stromové struktury HSFIS3 lze vyjádřit takto (obr. 15):

Vrstva 1: FIS<sub>1,1</sub> R<sup>h1,1</sup>: IF x<sub>1</sub> is A<sub>1</sub><sup>h1,1</sup> AND x<sub>2</sub> is A<sub>2</sub><sup>h1,1</sup> THEN y<sup>1,1</sup> IS B<sup>h1,1</sup>  
 FIS<sub>1,2</sub> R<sup>h1,2</sup>: IF x<sub>3</sub> is A<sub>3</sub><sup>h1,2</sup> AND x<sub>4</sub> is A<sub>4</sub><sup>h1,2</sup> THEN y<sup>1,2</sup> IS B<sup>h1,2</sup>  
 Vrstva 2: FIS<sub>2,1</sub> R<sup>h2,1</sup>: IF y<sup>1,1</sup> is B<sup>h1,1</sup> AND y<sup>1,2</sup> is B<sup>h1,2</sup> THEN y<sup>2,1</sup> IS B<sup>h2,1</sup>  
 FIS<sub>2,2</sub> R<sup>h2,2</sup>: IF x<sub>5</sub> is A<sub>5</sub><sup>h2,2</sup> AND x<sub>6</sub> is A<sub>6</sub><sup>h2,2</sup> THEN y<sup>2,2</sup> IS B<sup>h2,2</sup>  
 ...  
 Vrstva L: FIS<sub>L,1</sub> R<sup>hL,1</sup>: IF y<sup>L-1,1</sup> is B<sup>hL-1,1</sup> AND x<sub>n</sub> is A<sub>n</sub><sup>hL,1</sup> THEN y\* IS B<sup>hL,1</sup>

kde:

- $h_{1,1} = h_{1,2} = h_{L,1} = \{1, 2, \dots, k^2\}$ ,
- $A_1^{h1,1}, A_3^{h2,1}, \dots, A_n^{hL,1}$  reprezentují jazykové proměnné odpovídající fuzzy množinám  $\mu_1^{h1,1}(x_i), \mu_2^{h1,1}(x_i), \dots, \mu_n^{hL,1}(x_i)$ ;
- $B^{h1,1}, B^{h2,1}, \dots, B^{hL,1}$  reprezentují lingvistické proměnné odpovídající fuzzy množinám  $\mu_1^{h1,1}(y^{1,1}), \mu_2^{h1,1}(y^{2,1}), \dots, \mu_n^{hL,1}(y^*)$ .



Obr. 15: Kombinace stromové a kaskádní hierarchické struktury [29].



## 2.5. Shrnutí kapitoly

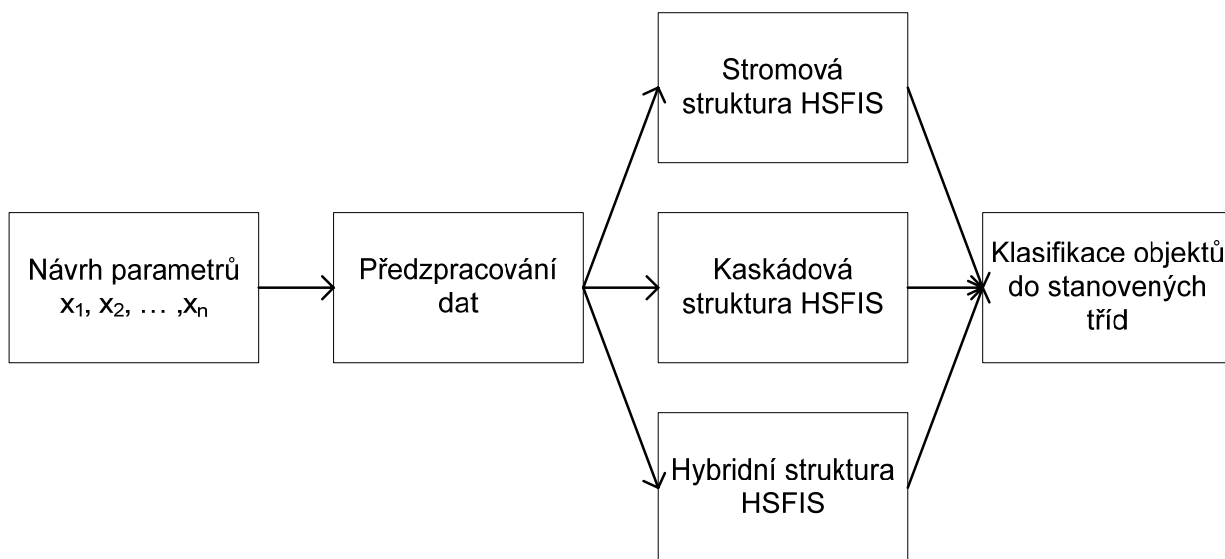
V kapitole byla analyzována problematika hierarchických fuzzy inferenčních systémů. Důležité bylo vysvětlení rozdílu mezi klasickou množinou a fuzzy množinou, neboť klasická teorie množin zaznamenává pouze ostré odlišení toho, zda prvek do množiny patří, či nepatří, naopak fuzzy množina dokáže zaznamenat stupeň příslušnosti prvku do dané množiny. Fuzzy množina využívá funkci příslušnosti a dokáže pracovat s jazykovými proměnnými. Hierarchické FIS tedy pracují z fuzzy množinami. Pro velký počet vstupních proměnných může být FIS neefektivní. Systém je nutno rozdělit. Rozkladem úlohy na podúlohy se sníží výpočetní náročnost. Tato činnost se nazývá rozklad úlohy na podúlohy. Hierarchická struktura FIS představuje rozklad úlohy na podúlohy, neboť celá úloha je strukturovaná do několika hierarchicky napojených FIS. V této kapitole byly vysvětleny rozdíly mezi jednotlivými strukturami HSFIS (kaskádní, stromovou a kombinací kaskádní a stromové struktury) včetně grafického znázornění každé struktury.

### 3. Návrh modelu na klasifikaci obcí

V kapitole 1.5 jsou uvedeny tři základní cíle, které se v rámci sociální oblasti sledují. V každém z těchto cílů jsou stanoveny základní indikátory, které se pro jednotlivé cíle sledují. V závěru kapitoly jsou uvedeny indikátory, které se sledují zejména na regionální úrovni. Tato kapitola se zabývá výběrem a definováním sociálních parametrů pro Pardubický kraj. Výběr parametrů je v souladu s regionální strategií udržitelného rozvoje Pardubického kraje. Z těchto parametrů bude vytvořena datová matice, která bude posléze použita jako vstupní datový soubor pro navržený model. Jednotlivé parametry, ještě než se vloží do konkrétních modelů, projdou procesem předzpracování údajů, tzn. data budou standardizována a normalizována. Dále se kapitola zabývá tvorbou a návrhem jednotlivých fuzzy inferenčních systémů včetně konkrétních informací, jak bylo při návrhu postupováno. Dále zde budou navrženy všechny tři modely hierarchických struktur v prostředí MATLAB/Simulink.

#### 3.1. Návrh modelu na předzpracování údajů

Pro modelování udržitelného rozvoje bylo použito hierarchických struktur fuzzy inferenčních systémů. Schéma modelu HSFIS je zobrazeno na obr. 16. Do modelu vstupují parametry  $x_i$ , které projdou procesem předzpracování (standardizace, normalizace, korelace). Předzpracované hodnoty parametrů vstupují do jednotlivých struktur HSFIS (kaskádní, stromová, hybridní). Nakonec je vytvořena klasifikace všech obcí do tříd.



Obr. 16: Schéma modelu udržitelného rozvoje [vlastní].

### 3.2. Návrh parametrů

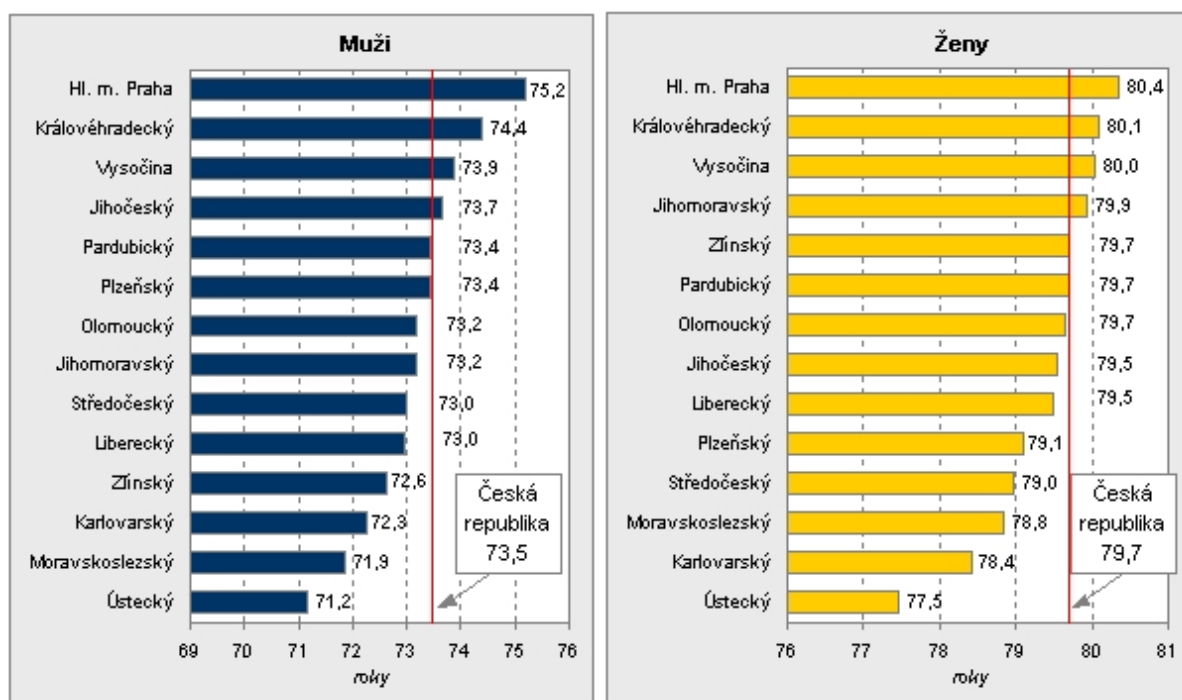
Zde jsou uvedeny vybrané parametry včetně jejich základního popisu a zdůvodnění jejich výběru. Tyto parametry byly zvoleny zejména proto, že jiné možné parametry buď ne zcela zapadaly do koncepce sociálních parametrů, nebo nebyly v rámci Pardubického kraje sledovány za jednotlivé obce, ale pouze jako komplexní regionální informace. Dalším důvodem, proč jsou zvoleny pouze tyto parametry je i skutečnost, že při fázi předzpracování dat některé parametry silně korelovaly s jiným, popř. jinými parametry, a nemělo tedy význam s nimi dále pracovat. V souladu s platnou legislativou jsou největší datové základny soustředěny na Českém statistickém úřadu. Ten vydává každoročně statistickou ročenku, ve které je možno najít většinu údajů relevantních pro trvale udržitelný rozvoj.

**Počet obyvatel.** Tento ukazatel udává počet obyvatel daného území k určitému okamžiku. Do počtu obyvatel jsou zahrnuty všechny osoby s trvalým pobytem na daném území, a to bez ohledu na státní občanství, tedy i cizinci s přechodným pobytem na území České republiky. Zdrojem informací pro zjištění tohoto ukazatele je Bilance obyvatelstva prováděná Českým statistickým úřadem.

**Podíl obyvatel ve věku 0-14 na celkovém počtu obyvatel.** Tento ukazatel vypovídá o podílu obyvatel podle věku na celkovém počtu obyvatel daného území. V tomto případě je v čitateli počet obyvatel, kteří ve sledovaném období ještě nedosáhli věku 15 let a ve jmenovateli je celkový počet obyvatel bez ohledu na věk.

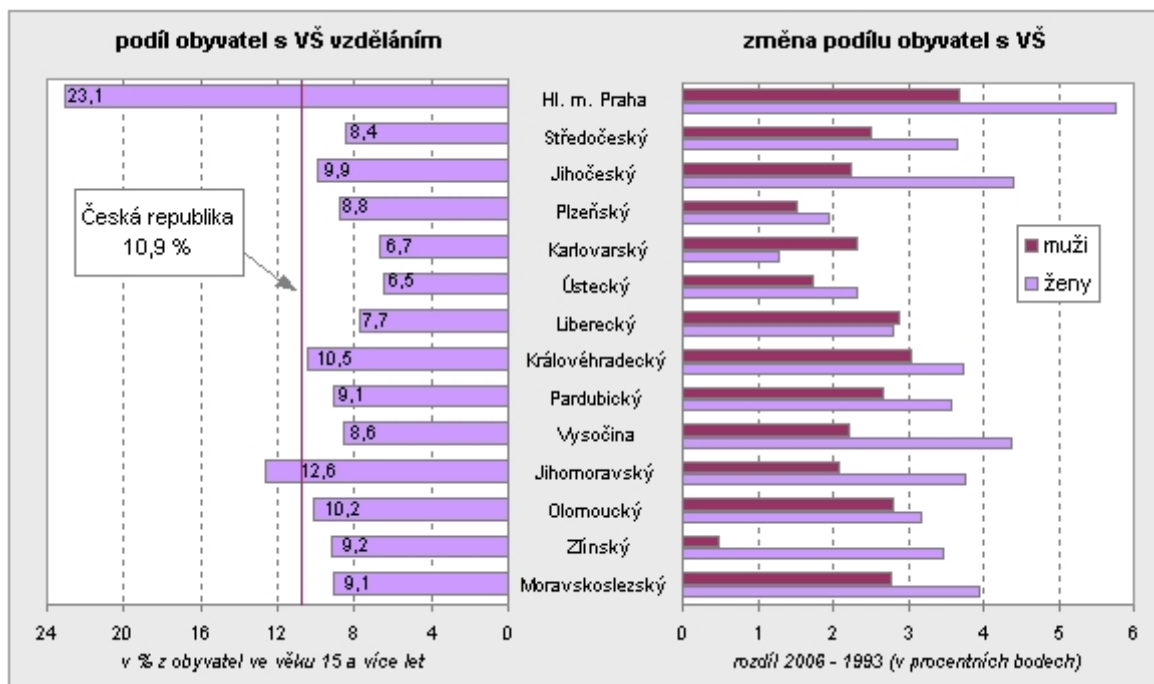
**Podíl obyvatel ve věku 65 a více let na celkovém počtu obyvatel.** Tento ukazatel vypovídá o podílu obyvatel podle věku na celkovém počtu obyvatel daného území. V tomto případě je v čitateli počet obyvatel, kteří ve sledovaném období překročili věkovou hranici 65 let a ve jmenovateli je celkový počet obyvatel bez ohledu na věk. Nejnižší hranice dožití ve sledovaném období statistického měření (1993 – 2006) se vyskytuje v Moravskoslezském a Karlovarském kraji, a to jak u mužů, tak i u žen.

Naopak, nejdelší věková hranice je zaznamenána v Hlavním městě Praha, Královéhradeckém kraji a na Vysočině. Pardubický kraj se vyskytuje na páté příčce celorepublikového srovnání z hlediska mužů a z hlediska žen je to příčka šestá [30]. Zjištěné údaje zobrazuje graf 1.



Graf 1: Naděje dožití při narození v krajích ČR v roce 2006 [30].

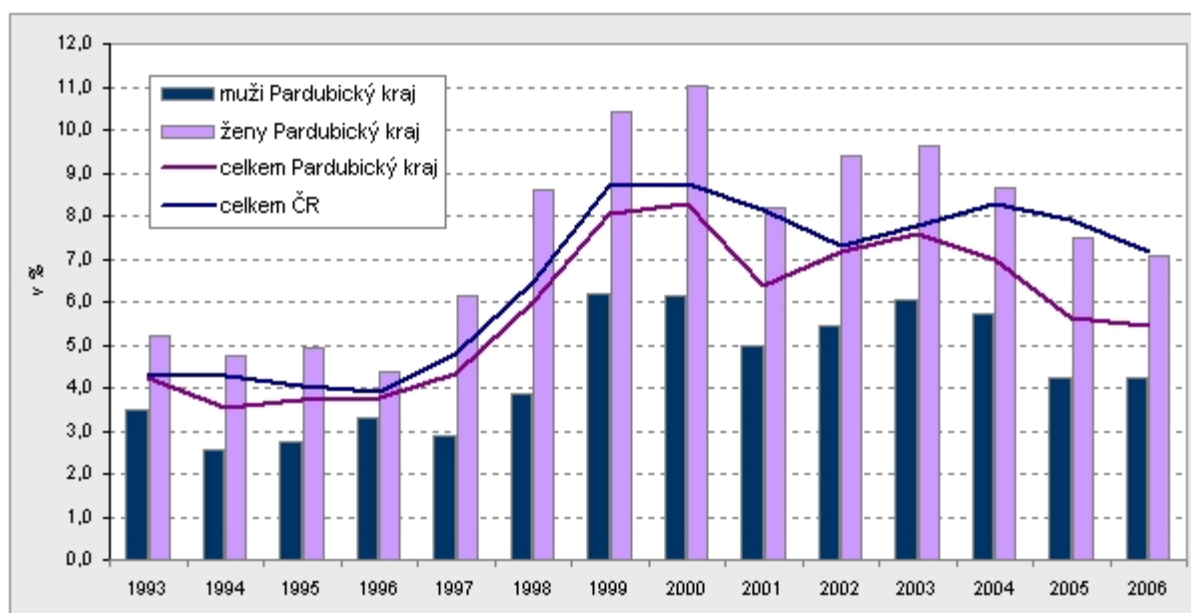
**Podíl vysokoškolsky vzdělaných obyvatel na celkovém počtu obyvatel.** Informace o vzdělanosti obyvatelstva jsou jedním ze základních ukazatelů charakterizujících kvalitu lidských zdrojů ve společnosti. Údaje o vzdělanosti zjišťuje Český statistický úřad při sčítání lidu, domů a bytů.



Graf 2: Obyvatelstvo s vysokoškolským vzděláním v krajích ČR v roce 2006 [30].

Regionální rozdíly ve vzdělanosti obyvatelstva jsou patrné z výše uvedeného grafu (graf 2). Je z něj zřejmé výlučné postavení Hl. města Prahy, kde se vyskytuje bezmála dvojnásobný počet vysokoškolsky vzdělaných osob. Je to téměř dvojnásobek celorepublikového průměru. Kromě Hl. města Prahy celorepublikový průměr převyšuje už jenom kraj Jihomoravský. Pardubický kraj v roce 2006 obsadil sedmou pozici s 9,1% vysokoškolsky vzdělaných osob [30].

**Obecná míra nezaměstnanosti.** Tento ukazatel vyjadřuje podíl počtu nezaměstnaných za dané období na daném území a pracovní síly, tzn. součet počtu nezaměstnaných a zaměstnaných obyvatel za dané období na daném území. Nezaměstnanými se rozumí osoby starší 15 let včetně, které ve sledovaném období nebyly zaměstnané, aktivně práci hledaly a byly schopné do ní nastoupit nejpozději do 14 dnů. Data jsou získána ze sčítání lidu, domů a bytů roku 2001. Graf 3 zobrazuje vývoj míry nezaměstnanosti v letech 1993 – 2006 a porovnává Pardubický kraj s celorepublikovým průměrem z hlediska mužů a z hlediska žen [30]. Z grafu je patrné, že pouze míra nezaměstnanosti mužů se vždy pohybuje pod republikovým průměrem.



Graf 3: Obecná míra nezaměstnanosti v Pardubickém kraji a ČR v letech 1993 – 2006 [30].

**Saldo migrace.** Saldo migrace je dáno rozdílem počtu přistěhovalých a vystěhovalých osob za stejné období, zpravidla jeden rok, na daném území. Zdrojem informací pro zjištění tohoto ukazatele je Bilance obyvatelstva prováděná Českým statistickým úřadem.

**Vyjíždějící do zaměstnání mimo obec.** Jedná se o osoby vyjíždějící do zaměstnání mimo obec, které jsou zaměstnány, zaměstnavatelé, samostatně činné, pracující důchodci, anebo ženy na mateřské dovolené, ale nezapočítávají se sem pracující studenti a učňové. Jsou to tedy osoby, které mají v obci trvalý pobyt, ale jejich zaměstnání spadá do katastru jiné obce.

**Vyjíždějící do škol mimo obec.** Osoby vyjíždějící do škol mimo obec jsou žáci, studenti a učňové, kteří mají v obci trvalý pobyt, ale jejich škola je v jiné obci.

**Dojíždějící do zaměstnání do obce.** Osoby dojíždějící do zaměstnání do obce jsou zaměstnanci, zaměstnavatelé, samostatně činní, pracující důchodci a ženy na mateřské dovolené ale bez pracujících studentů a učňů, kteří mají pobyt v jiné obci, nežli je jejich zaměstnání.

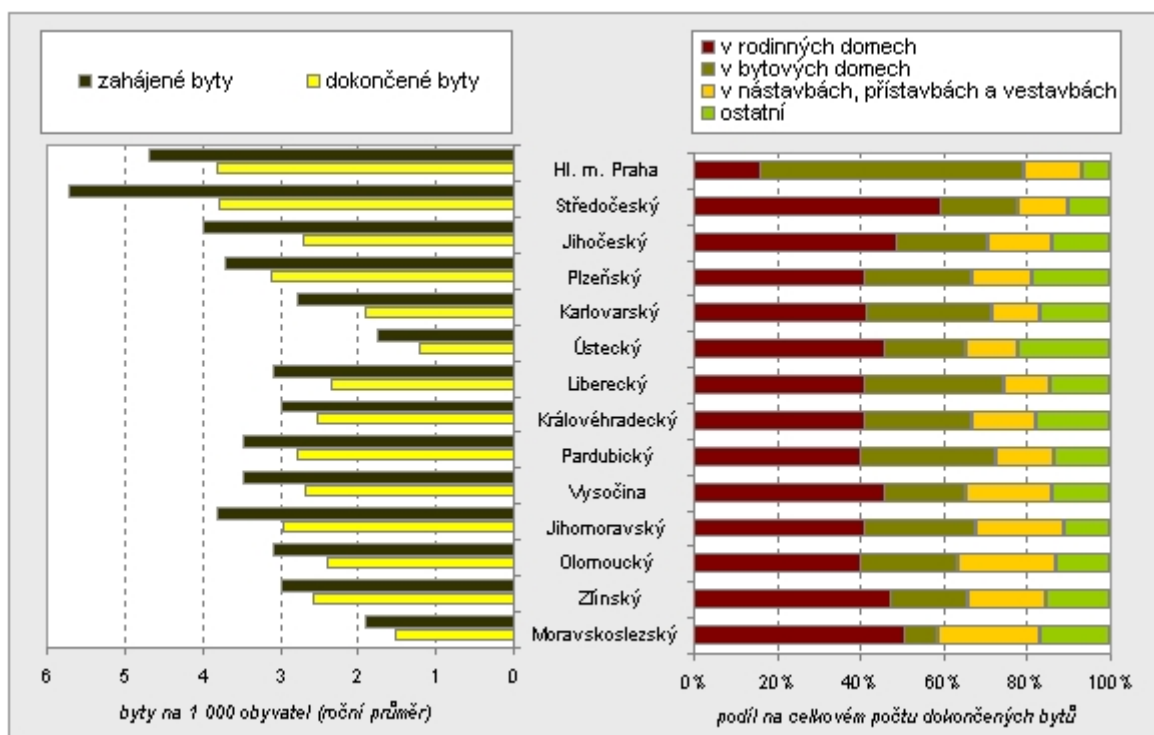
**Dojíždějící do škol do obce.** Osoby dojíždějící do škol do obce jsou žáci, studenti a učňové, kteří mají v obci školu, ale jejich místo trvalého pobytu je v jiné obci.

**Počet dokončených bytů.** Počet bytů v budovách pro bydlení, nových i stávajících, jejichž výstavba byla ve sledovaném období v území dokončena, tj. na které vydaná kolaudační rozhodnutí nabyla právní moci. Jde o byty v nové výstavbě, nástavbě, přístavbě, resp. přestavbě, dokončené modernizací a rekonstrukcí. Z dostupných zdrojů lze hodnotit vývoj počtu dokončených bytů. Ve sledovaném období 1998 – 2006 byla v Pardubickém kraji dokončena výstavba 12,7 tis. bytů, přičemž na 1000 obyvatel připadlo v průměru 2,79 dokončených bytů ročně [30]. Z hlediska druhu staveb je vznik nových bytů v krajích, nepočítá-li se Hlavní město Praha, nejčastěji spojen s výstavbou rodinných domů. Zjištěné skutečnosti o dokončených (zkolaudovaných) bytech znázorňuje graf 4.

**Počet trvale obydlených bytů.** Byt je trvale obydlen, jestliže je v něm hlášena alespoň jedna osoba k trvalému pobytu. Byt je soubor místností, popřípadě jednotlivá obytná místnost, který podle rozhodnutí stavebního úřadu svým stavebně technickým uspořádáním a vybavením splňuje požadavky na trvalé bydlení. V rámci územního plánování je věnována zvláštní pozornost bytové výstavbě a informacím věnovaným bytovým lokalitám, které vytvářejí základní předpoklady pro další rozvoj regionu. Z dostupných zdrojů lze hodnotit vývoj počtu dokončených bytů. Podle stavebních úřadů byla v posledních letech v pardubickém kraji zaznamenána rekordní výstavba nových bytů, což v mezikrajském srovnání znamená šestou příčku v rozvoji bytové výstavby [30].

**Počet bytů k rekreaci v neobydlených domech.** V těchto bytech není přihlášena žádná osoba k trvalému ani přechodnému pobytu a nejsou vyčleněny z bytového fondu. Jedná se o byty sloužící k rekreaci. Do neobydlených domů patří všechny případy, které nespadají

do trvale obydlených domů. Tento indikátor lze získat z podkladů, které ČSÚ získává prostřednictvím výkazů od jednotlivých stavebních úřadů, popř. sčítání lidu, domů a bytů a registru sčítání obvodů a budov, který spravuje ČSÚ [30].



Graf 4: Bytová výstavba v krajích ČR v letech 1998 – 2006 [30].

**Podíl obyvatel s plynem.** Jedná se o podíl počtu obyvatel podle druhu bydlení a vybavení bytu na celkovém počtu obyvatel s tímto druhem bydlení v území. V čitateli podílu je počet obyvatel na území, kteří bydlí v trvale obydlených bytech a do jejichž bytu je zaveden plyn. Ve jmenovateli je celkový počet obyvatel území, kteří žijí v trvale obydlených bytech.

**Podíl obyvatel zásobovaných pitnou vodou z veřejného vodovodu.** Jedná se o podíl počtu obyvatel podle druhu bydlení a vybavení bytu na celkovém počtu obyvatel s tímto druhem bydlení v území. V čitateli podílu je počet obyvatel na území, kteří bydlí v trvale obydlených bytech a jejichž byt je zásobován pitnou vodou z vodovodu. Ve jmenovateli je celkový počet obyvatel území, kteří žijí v trvale obydlených bytech.

**Podíl obyvatel napojených na kanalizaci.** Jedná se o podíl počtu obyvatel podle druhu bydlení a vybavení bytu na celkovém počtu obyvatel s tímto druhem bydlení v území. V čitateli podílu je počet obyvatel na území, kteří bydlí v trvale obydlených bytech a jejichž byt je napojen na kanalizaci. Ve jmenovateli je celkový počet obyvatel území, kteří žijí v trvale obydlených bytech.

**Stanice vlaku.** Tento parametr vypovídá o dalším zdroji dopravy mezi jednotlivými obcemi, a to především za účelem dopravy do zaměstnání a do škol. Kde tento způsob přepravy obyvatel chybí, musí být posílen jiný způsob, například autobusová přeprava, popř. rozšířená městská hromadná předprava.

**Počet lázeňských léčeben.** Lázeňská léčebna poskytuje nemocným speciálně zaměřenou ústavní lázeňskou péči, která navazuje na péči poskytovanou v jiných zařízeních léčebně preventivní péče a při níž se využívá především přírodních léčivých zdrojů nebo klimatických podmínek.

### 3.3. Vektor parametrů

Z vybraných indikátorů udržitelného rozvoje (parametrů a atributů) byla sestavena datová matice. Parametry  $p_1$  až  $p_{18}$  představují vektor  $p$  parametrů. Vektor  $p$  má tento tvar:  $p = (p_1, p_2, \dots, p_{18})$ . Pro  $n$  obcí  $O_n$  se navržený model dá vyjádřit ve tvaru datové matice

	$p_1$	$p_2$	...	$p_n$
$a_1$	$x_{1,1}$	$x_{1,2}$	...	$x_{1,m}$
$a_2$	$x_{2,1}$	$x_{2,2}$	...	$x_{2,m}$
...	...	...	...	...
$a_n$	$x_{n,1}$	$x_{n,2}$	...	$x_{n,m}$

Kde  $n$  je počet obcí,  $m$  je počet parametrů a  $x_{ij}$  je hodnota  $j$ -tého parametru  $p_j$  pro  $i$ -tou obec  $O_i$ ,  $j \in \{1, 2, \dots, 18\}$  a  $a_1, a_2, \dots, a_n$  představují atributy – jednotlivé obce Pardubického kraje  $n = 541^5$ , pro které byly indikátory udržitelného rozvoje v sociální oblasti měřeny.

### 3.4. Předzpracování údajů

Takto vytvořená datová matice musí dále projít úpravou, která odstraní rozdíly mezi naměřenými hodnotami, aby se ve výsledcích nevyskytovaly výrazné odlišnosti, např. aby se zde nevyskytovaly hodnoty v řádu několika tisíců a hned vedle těchto údajů nefigurovaly čísla v řádu desetinných hodnot. Tento nedostatek lze odstranit, jestliže data projdou procesem standardizace a následným procesem normalizace. Po těchto dvou krocích následuje kontrola korelovanost dat, která prověří, zda mezi daty nejsou příliš vysoké korelace. Jestliže vytvořená datová matice splní podmínku, že mezi daty neexistuje významný korelační vztah, data budou moci vstoupit do modelu hierarchických struktur fuzzy inferečních systémů.

<sup>5</sup> Obcí Pardubického kraje je celkem 452, ale pro jednu obec se nepodařilo získat potřebné údaje, a proto byla z dalších analýz vyřazena. Celkový počet obcí Pardubického kraje, na kterých je klasifikace prováděna, je tedy 451.



Hodnoty jednotlivých znaků objektů jsou často v různých jednotkách. To může způsobovat, že se určité znaky jeví jako dominující a jiné znaky jen málo ovlivňují průběh shlukování. Někdy je proto výhodné data upravit tak, aby byly všechny znaky souměřitelné. Jedním ze způsobů, jak toho docílit, je standardizace dat. Standardizace dat znamená odstranění závislosti na jednotkách a na parametru polohy, popř. i rozptýlení [31]. Nechť je dána matice dat  $Z = (z_{ij})$  typu  $n \times p$ , jejíž řádky jsou  $p$ -rozměrné vektory čísel charakterizující  $n$  objektů. Standardizaci dat provedeme ve dvou krocích:

1. Vypočte se střední hodnota  $\bar{z}_j$   $j$ -tého znaku  $z_j$ , pro  $j = 1, 2, \dots, p$ , podle vztahu

$$\bar{z}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_{ij}.$$

Dále je třeba vypočítat směrodatnou odchylku  $s_j$   $j = 1, 2, \dots, p$ . Nechť  $(X_1, X_2, \dots, X_n)$  je náhodný výběr a  $\bar{x}$  je aritmetický průměr vypočtený z tohoto výběru

$$s_j = \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (z_{ij} - \bar{z}_j)^2 \right]^{1/2}.$$

2. Původní hodnoty  $z_{ij}$   $j$ -tého znaku  $i$ -tého objektu přepočteme na tzv. standardizované hodnoty

$$x_{ij} = \frac{z_{ij} - \bar{z}_j}{s_j}.$$

Tyto standardizované hodnoty znaků mají nyní střední hodnotu rovnu 0 a rozptyl 1. Po provedené standardizaci lze pomocí vah přiřadit znakům různou důležitost. Standardizace tvoří první krok v předpravě vícerozměrných dat [31]. Objekty jsou určeny vektory parametrů  $p$ . Normy těchto vektorů mohou někdy nežádoucím způsobem ovlivňovat výsledky kvantitativního hodnocení podobností objektů. V takových případech je vhodné normalizovat tyto vektory, aby měly stejnou normu (nejlépe jednotkovou).

Korelace mezi dvěma proměnnými  $x_1$  a  $x_2$  je praktičtější mírou lineárního vztahu, protože jde o standardizovanou kovarianci a tedy o bezrozměrnou míru. Standardizace se provádí vydělení kovariance součinem směrodatných odchylek. Jeví se užitečnou mírou vnitřního lineárního vztahu mezi dvěma proměnnými [31]. Nechť existuje předpoklad, že existují dvě náhodné veličiny  $X$  a  $Y$  s konečnými nenulovými rozptyly  $DX$  a  $DY$ . Jsou-li tyto náhodné veličiny závislé, je třeba tuto závislost kvantitativně vyjádřit. K vyjádření míry závislosti se v případě lineárního typu závislosti používá korelační koeficient [32]. Korelační koeficient dvou náhodných veličin je definován

$$\rho_{X,Y} = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sqrt{DX} \cdot \sqrt{DY}}$$

Jestliže  $\rho_{X,Y} = 0$ , říká se, že náhodné veličiny  $X$  a  $Y$  jsou nekorelované. V opačném případě je to tak, že mezi náhodnými veličinami  $X$  a  $Y$  existuje korelační vztah. Necht'  $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$  a  $Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_m)$  jsou dva náhodné vektory. Korelační maticí [32] těchto vektorů budeme nazývat matici

$$\rho_{X,Y} = \begin{pmatrix} \rho_{X_1Y_1} & \rho_{X_1Y_2} & \dots & \rho_{X_1Y_n} \\ \rho_{X_2Y_1} & \rho_{X_2Y_2} & \dots & \rho_{X_2Y_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \rho_{X_mY_1} & \rho_{X_mY_2} & \dots & \rho_{X_mY_n} \end{pmatrix}.$$

Na základě těchto znalostí je sestavena tabulka korelačních závislostí, ze které je patrné, které veličiny mezi sebou korelují. Všechny parametry, které měly významný korelační vztah s jinými parametry, byly vyřazeny a zůstaly pouze parametry, mezi kterými žádný významný korelační vztah neexistuje. Z původních 24 parametrů zbylo konečných 18 parametrů, mezi kterými významné závislosti neexistují.

**Tabulka 2: Korelační matice všech parametrů [vlastní].**

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>14</sub>	X <sub>15</sub>	X <sub>16</sub>	X <sub>17</sub>	X <sub>18</sub>
X <sub>1</sub>	1.00	0.43	-0.18	-0.34	0.05	-0.13	-0.02	0.22	-0.10	-0.35	-0.17	-0.14	-0.22	-0.11	-0.05	-0.07	-0.06	0.01
X <sub>2</sub>	0.43	1.00	-0.11	-0.53	-0.10	0.00	0.00	0.03	-0.26	-0.37	0.04	-0.17	-0.36	-0.12	-0.17	0.00	-0.03	0.05
X <sub>3</sub>	-0.18	-0.11	1.00	0.26	0.05	-0.14	0.05	0.18	0.19	0.18	-0.14	0.19	0.22	0.13	-0.03	-0.11	0.06	-0.10
X <sub>4</sub>	-0.34	-0.53	0.26	1.00	0.05	-0.09	0.01	0.05	0.31	0.39	-0.05	0.24	0.23	0.16	0.05	-0.11	-0.01	-0.07
X <sub>5</sub>	0.05	-0.10	0.05	0.05	1.00	0.34	-0.06	-0.03	0.09	0.04	0.03	0.05	0.01	-0.02	-0.28	0.51	-0.10	-0.12
X <sub>6</sub>	-0.13	0.00	-0.14	-0.09	0.34	1.00	-0.11	-0.34	-0.28	-0.18	0.19	-0.13	-0.21	-0.09	-0.21	0.47	-0.07	-0.03
X <sub>7</sub>	-0.02	0.00	0.05	0.01	-0.06	-0.11	1.00	-0.01	0.03	0.01	-0.14	0.09	0.03	-0.02	0.03	-0.07	-0.06	-0.05
X <sub>8</sub>	0.22	0.03	0.18	0.05	-0.03	-0.34	-0.01	1.00	0.16	0.13	-0.25	0.07	0.06	0.08	-0.11	-0.01	0.22	-0.02
X <sub>9</sub>	-0.10	-0.26	0.19	0.31	0.09	-0.28	0.03	0.16	1.00	0.38	-0.18	0.27	0.22	0.09	0.07	-0.14	0.02	-0.05
X <sub>10</sub>	-0.35	-0.37	0.18	0.39	0.04	-0.18	0.01	0.13	0.38	1.00	-0.09	0.28	0.30	0.17	0.04	-0.10	0.03	-0.03
X <sub>11</sub>	-0.17	0.04	-0.14	-0.05	0.03	0.19	-0.14	-0.25	-0.18	-0.09	1.00	-0.34	-0.06	-0.04	0.02	0.11	-0.09	0.03
X <sub>12</sub>	-0.14	-0.17	0.19	0.24	0.05	-0.13	0.09	0.07	0.27	0.28	-0.34	1.00	0.13	0.10	0.03	0.02	0.15	0.02
X <sub>13</sub>	-0.22	-0.36	0.22	0.23	0.01	-0.21	0.03	0.06	0.22	0.30	-0.06	0.13	1.00	0.12	0.04	-0.09	0.08	-0.04
X <sub>14</sub>	-0.11	-0.12	0.13	0.16	-0.02	-0.09	-0.02	0.08	0.09	0.17	-0.04	0.10	0.12	1.00	0.08	-0.06	0.30	0.05
X <sub>15</sub>	-0.05	-0.17	-0.03	0.05	-0.28	-0.21	0.03	-0.11	0.07	0.04	0.02	0.03	0.04	0.08	1.00	-0.34	0.05	0.01
X <sub>16</sub>	-0.07	0.00	-0.11	-0.11	0.51	0.47	-0.07	-0.01	-0.14	-0.10	0.11	0.02	-0.09	-0.06	-0.34	1.00	-0.06	-0.11
X <sub>17</sub>	-0.06	-0.03	0.06	-0.01	-0.10	-0.07	-0.06	0.22	0.02	0.03	-0.09	0.15	0.08	0.30	0.05	-0.06	1.00	0.01
X <sub>18</sub>	0.01	0.05	-0.10	-0.07	-0.12	-0.03	-0.05	-0.02	-0.05	-0.03	0.03	0.02	-0.04	0.05	0.01	-0.11	0.01	1.00

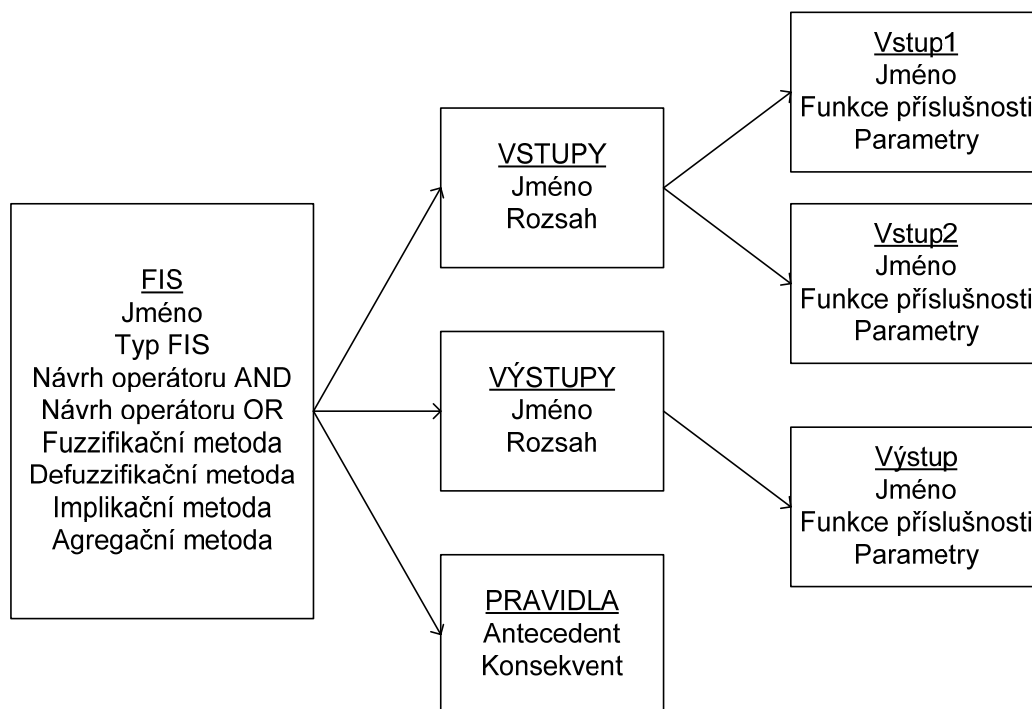
Výsledkem klasifikace udržitelného rozvoje obcí je zařazení do sedmi tříd, které jsou zobrazeny v tabulce 7. Jednička značí obce, které mají nejlepší vlastnosti v rámci sledovaných indikátorů udržitelného rozvoje. Naopak sedmička značí obce s nejhoršími parametry.

**Tabulka 3: Třídy pro zařazení obcí [vlastní].**

Hodnocení skupiny	Klasifikace
Mimořádně rozvinuté obce v oblasti sociální	1
Velmi dobře sociálně rozvinuté obce	2
Sociální oblast je na dobré úrovni, obce rozvíjejí svou působnost	3
Sociální služby v obci se příliš pomalu	4
Obce, které mají potíže v sociální oblasti, rozvoj obce v této oblasti je téměř nulový	5
Velké problémy v sociální oblasti, rozvoj obce upadá	6
Obce naprosto neschopné plnit své základní funkce	7

### 3.5. Návrh kaskádní struktury HSFIS

Návrh fuzzy inferenčních systémů bude ukázán na příkladu tvorby FIS<sub>1,1</sub>. Bude ukázáno, které funkce a metody se při tvorbě využívají, jaké rozsahy a parametry se zadávají. Postup tvorby u všech FIS je obdobný, a proto není nutné rozepisovat všechny FIS. Rozdíl je pouze v posledním FIS, kde se zadávají klasifikační skupiny jako výstupní funkce. Proto bude popsán i FIS<sub>17,1</sub>, který je výstupním FIS z kaskádní hierarchické struktury. Obr. 17 znázorňuje postup tvorby všech FIS. Nejprve se zadávají základní informace, jak je název FIS, typ (zda se jedná o typ Mamdani či Takagi-Sugeno), metody AND a OR a implikační a agregační metoda. Musí se vyplnit počet vstupů a výstupů. Pro každý vstup i výstup se definuje rozsah (range) a názvy a parametry všech funkcí příslušnosti. Musí se také zadat, jaký tvar daná funkce příslušnosti má. Důležitým krokem ve tvorbě FIS je definování podmíněných pravidel, které se dělá v samostatném editoru.

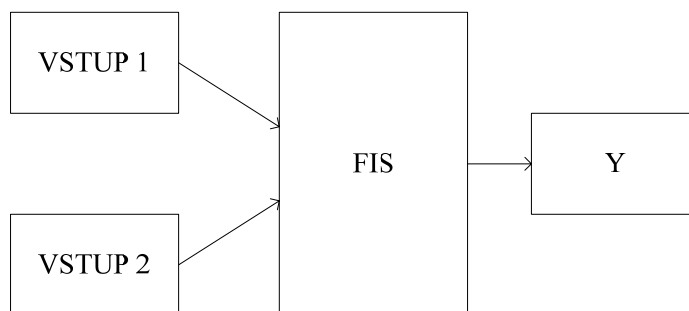


Obr. 17: Návrh FIS [vlastní].

Pro tvorbu HSFIS je nutné vytvořit několik fuzzy inferenčních systémů. Počet FIS ovlivňuje

- počet vstupních parametrů  $x_1, x_2, \dots, x_i$  a
- návrh struktury HSFIS (kaskádnı́, stromová, kombinace kaskádnı́ a stromové).

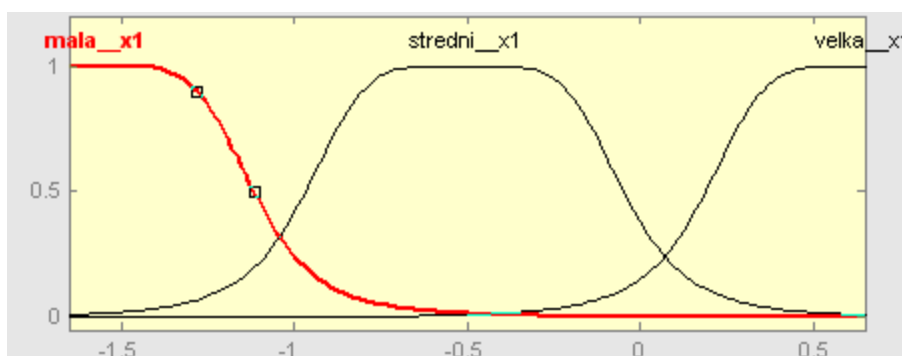
Do každého fuzzy inferenčního systému vstupují (viz. obr. 18) dvě vstupní proměnné a výstupem je jedna pomocná výstupní proměnná  $y_i$ .



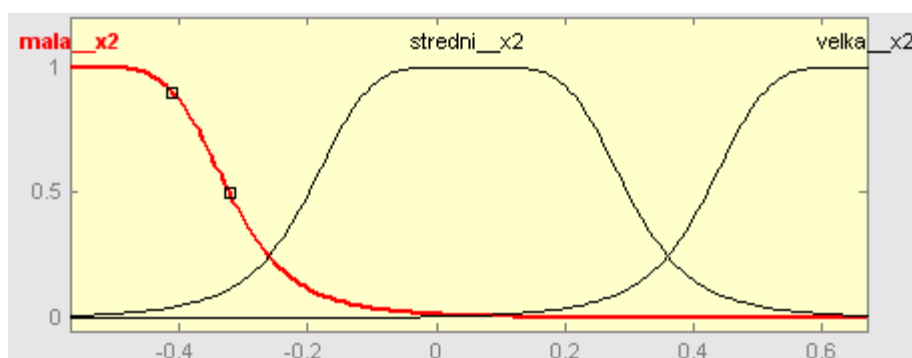
Obr. 18: Vstupy a výstupy jednotlivých FIS [vlastní].

V případě kaskádnı́ struktury to znamená, že na vstup se nejprve definují dvě proměnné  $x$  a v dalším kroku je již jedním vstupem výstupní pomocná proměnná  $y$  z předchozího FIS a druhým vstupem další vstupní proměnná  $x$ . Princip a teoretické základy kaskádnı́ch struktur HSFIS byly vysvětleny v kapitole 2, kde bylo i graficky vysvětleno, jak se jednotlivé struktury vytvářejí. Na grafech 5 a 6 jsou graficky znázorněny funkce příslušnosti a vstupy do  $FIS_{1,1}$ . Jsou na nich vidět funkce příslušnosti jednotlivých

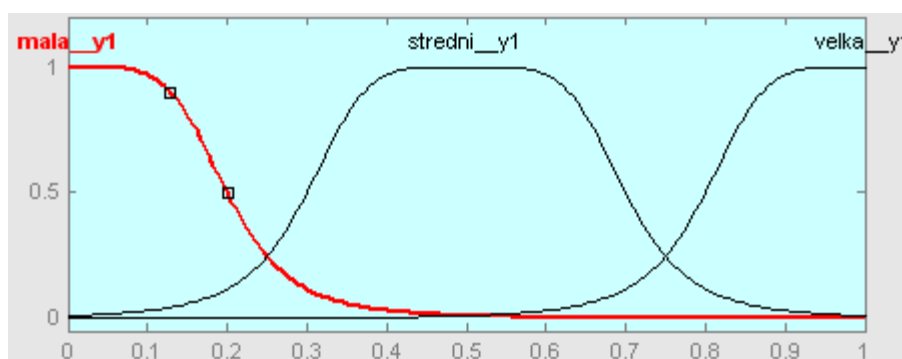
jazykových proměnných ( $mala\_x1$ ,  $stredni\_x1$ ,  $velka\_x1$ ), které vstupují do fuzzy inferenčního systému. Graf 7 zobrazuje výstup z  $FIS_{1,1}$   $y_1$  a všechny jeho funkce příslušnosti.



Graf 5: Vstup  $x_1$  do  $FIS_{1,1}$  [vlastní].

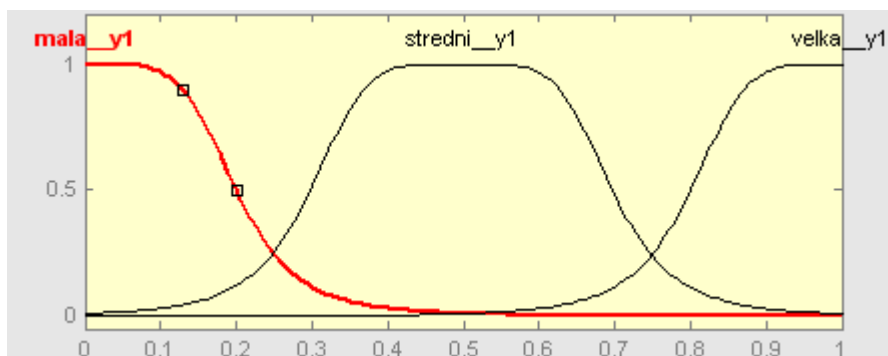


Graf 6: Vstup  $x_2$  do  $FIS_{1,1}$  [vlastní].

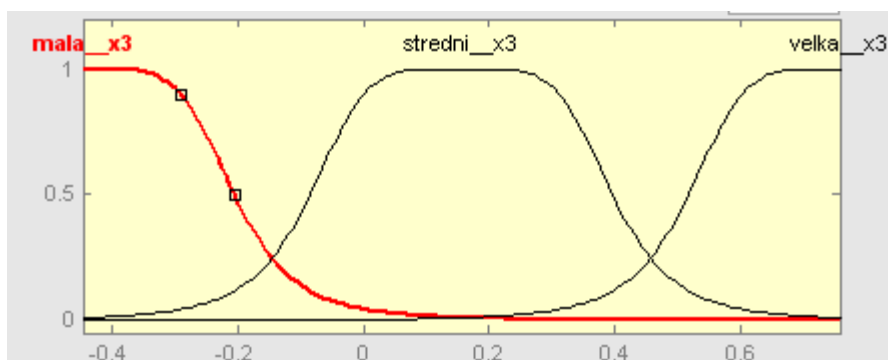


Graf 7: Výstup  $y_1$  z  $FIS_{1,1}$  [vlastní].

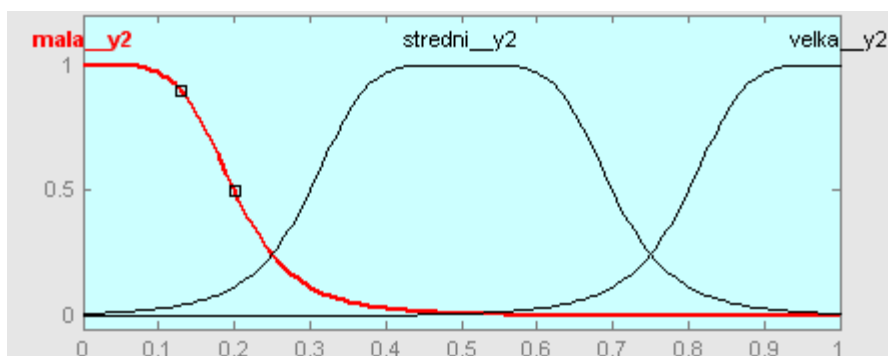
Na grafech 8 a 9 jsou zobrazeny vstupy do  $FIS_{2,1}$  a jejich jazykové proměnné reprezentované funkcemi příslušnosti. Na grafu 10 je znázorněn výstup z tohoto FIS.



Graf 8: Vstup  $y_1$  do FIS<sub>2,1</sub> [vlastní].



Graf 9: Vstup  $x_3$  do FIS<sub>2,1</sub> [vlastní].



Graf 10: Výstup  $y_2$  z FIS<sub>2,1</sub> [vlastní].

Pro jednotlivé vstupní i výstupní proměnné byly definovány rozsahy. Na základě následující tabulky (tabulka 4) byly vyplněny rozsahy jednotlivých vstupních proměnných. Pomocné výstupní proměnné byly nastaveny na rozsah [0, 1]. Ve stejném rozsahu byly nastaveny tyto pomocné proměnné i jako vstupní proměnné do dalších úrovní HSFIS. Kromě rozsahu se u každé proměnné také nastavovaly parametry jednotlivých funkcí příslušnosti. Pro první FIS<sub>1,1</sub> byly nastaveny hodnoty parametrů takto:

- vstupní proměnná  $x_1$ : mala\_x1[0.4601 2.5 -1.653], stredni\_x1[0.4601 2.5 -0.5087], velka\_x1[0.4601 2.5 0.6475];
- vstupní proměnná  $x_2$ : mala\_x2[0.2478 2.5 -0.5698], stredni\_x2[0.2478 2.5 0.0496], velka\_x2[0.2478 2.5 0.669];

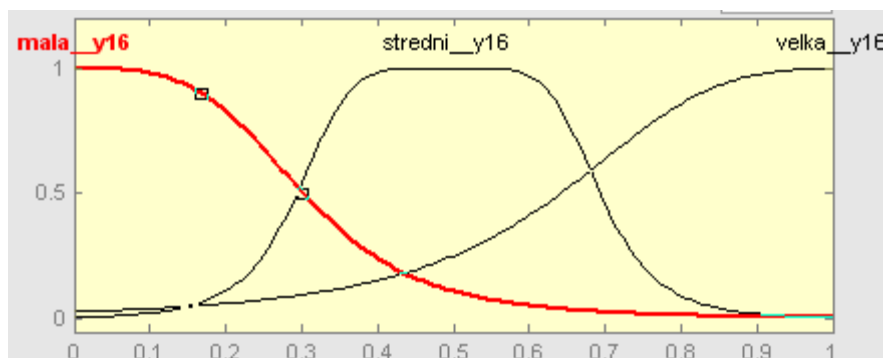
- pomocná výstupní proměnná  $y_1$ : mala\_y1[0.2 2.5 6.939e-018],  
stredni\_y1[0.2 2.5 0.5], velka\_y1[0.2 2.5 1].

**Tabulka 4: Datový slovník pro tvorbu FIS [vlastní].**

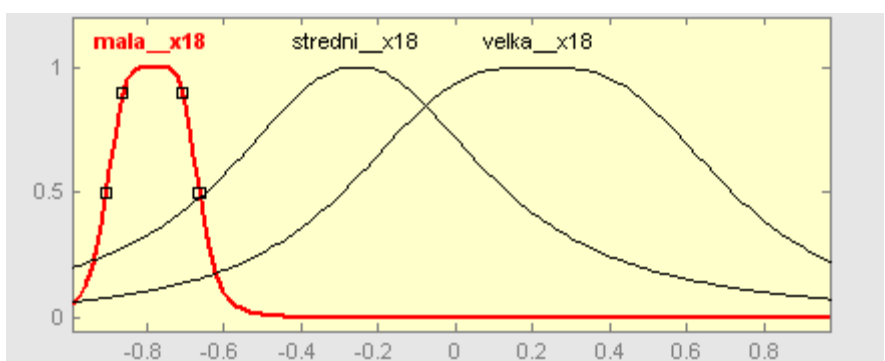
Název	Popis parametru	Rozsah
x <sub>1</sub>	Vyjíždějící do zaměstnání	[-0.6529, 0.6475]
x <sub>2</sub>	Vyjíždějící do škol	[-0.5698, 0.669]
x <sub>3</sub>	Dojíždějící do zaměstnání	[-0.4459, 0.7574]
x <sub>4</sub>	Dojíždějící d škol	[-0.4362, 0.8857]
x <sub>5</sub>	Počet trvale obydlených bytů	[-0.6565, 0.5791]
x <sub>6</sub>	Počet bytů sloužících k rekreaci	[-0.3541, 0.7288]
x <sub>7</sub>	Podíl obyvatel zásobených plynem na počet obyvatel	[-0.955, 0.2958]
x <sub>8</sub>	Podíl obyvatel zásobených pitnou vodou na počtu obyvatel	[-0.5888, 6722]
x <sub>9</sub>	Podíl obyvatel napojených na kanalizaci/počet obyvatel	[-0,4255, 0.7013]
x <sub>10</sub>	Počet obyvatel	[-0.3744, 0.5607]
x <sub>11</sub>	Míra nezaměstnanosti	[-0.4523, 0.8577]
x <sub>12</sub>	Podíl vysokoškolsky vzdělaných obyvatel	[-0.6128, 0.7091]
x <sub>13</sub>	Počet stanic vlaku	[-0.3338, 0.6959]
x <sub>14</sub>	Saldo migrace	[-0.5516, 0.8659]
x <sub>15</sub>	Podíl obyvatel ve věku 0-14 na celkovém počtu obyvatel	[-0.7219, 0.8714]
x <sub>16</sub>	Podíl obyv. ve věku 65 a více let na celkovém poč. obyv.	[-0.5269, 7814]
x <sub>17</sub>	Počet dokončených bytů/poč. obyvatel	[-0.2506, 0.91]
x <sub>18</sub>	Počet lázeňských léčeben	[-0.995, 0.9709]

Pro další FIS v této hierarchické struktuře bylo postupováno obdobným způsobem až po poslední FIS<sub>17,1</sub>, ve kterém byla především výstupní proměnná nastavena specifickým způsobem. Především je rozdíl v posledním FIS oproti ostatním v tom, že tento poslední fuzzy inferenční systém slouží jako klasifikátor. Hodnoty parametrů pro FI<sub>17,1</sub> byly nastaveny následujícím způsobem (grafy 11 – 13):

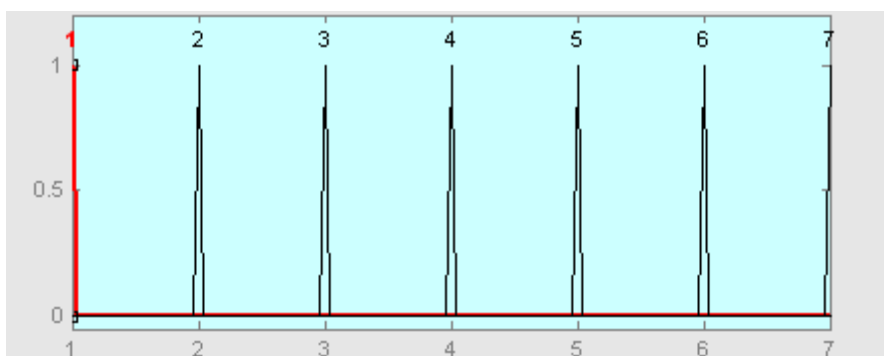
- vstupní pomocná proměnná  $y_{16}$ : mala\_y16[0.369 2.42 -0.1009],  
stredni\_y16[0.2 2.687 0.494], velka\_y16[0.419 1.876 1.06];
- vstupní proměnná  $x_{18}$ : mala\_x18[0.1203 2.5 -0.785],  
stredni\_x18[0.393 1.09 -0.2566], velka\_x18[0.507 1.53 0.212];
- výstupní klasifikační proměnná  $y_{17}$ : 1[1 1 1], 2[2 2 2], 3[3 3 3], 4[4 4 4], 5[5 5 5],  
6[6 6 6], 7[7 7 7].



Graf 11: Vstup  $y_{16}$  do FIS<sub>17,1</sub> [vlastní].



Graf 12: Vstup  $x_{18}$  do FIS<sub>17,1</sub> [vlastní].



Graf 13: Výstup  $y_{17}$  z FIS<sub>17,1</sub> [vlastní].

Dalším krokem tvorby FIS je definování podmíněných pravidel. Pro každý FIS se dvěma vstupy je definováno 9 podmíněných pravidel. Pravidla využívá operátor AND a jsou tvořena kombinací funkcí příslušnosti. Pravidla pro FIS<sub>1,1</sub> byla navržena následovně:

1. If ( $x_1$  is  $velka\_x_1$ ) and ( $x_2$  is  $mala\_x_2$ ) then ( $y_1$  is  $velka\_y_1$ ).
2. If ( $x_1$  is  $velka\_x_1$  and ( $x_2$  is  $stredni\_x_2$ ) then ( $y_1$  is  $mala\_y_1$ ).
3. If ( $x_1$  is  $stredni\_x_1$  and ( $x_2$  is  $velka\_x_2$ ) then ( $y_1$  is  $mala\_y_1$ ).
4. If ( $x_1$  is  $stredni\_x_1$  and ( $x_2$  is  $velka\_x_2$ ) then ( $y_1$  is  $velka\_y_1$ ).
5. If ( $x_1$  is  $velka\_x_1$  and ( $x_2$  is  $mala\_x_2$ ) then ( $y_1$  is  $mala\_y_1$ ).
6. If ( $x_1$  is  $stredni\_x_1$  and ( $x_2$  is  $mala\_x_2$ ) then ( $y_1$  is  $mala\_y_1$ ).
7. If ( $x_1$  is  $stredni\_x_1$  and ( $x_2$  is  $stredni\_x_2$ ) then ( $y_1$  is  $mala\_y_1$ ).
8. If ( $x_1$  is  $mala\_x_1$  and ( $x_2$  is  $stredni\_x_2$ ) then ( $y_1$  is  $velka\_y_1$ ).
9. If ( $x_1$  is  $mala\_x_1$  and ( $x_2$  is  $velka\_x_2$ ) then ( $y_1$  is  $mala\_y_1$ ).

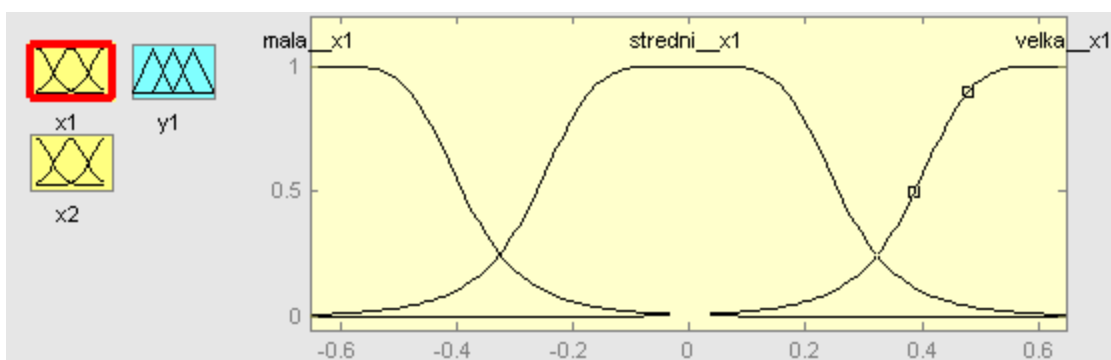


Pravidla pro ostatní FIS kromě posledního byla navržena obdobným způsobem. Poslední FIS<sub>17,1</sub> měl podmíněná pravidla sestavena takto:

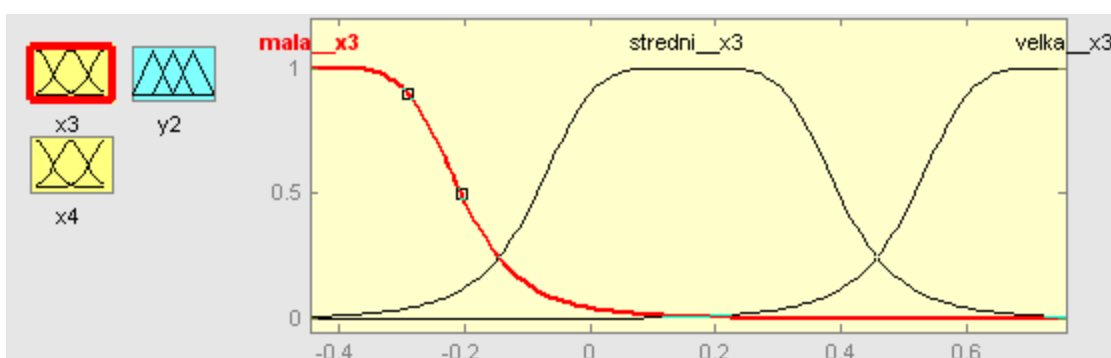
1. If (y16 is mala\_y16) and (x18 is mala\_x18) then (y17 is 7).
2. If (y16 is mala\_y16) and (x18 is stredni\_x18) then (y17 is 5).
3. If (y16 is mala\_y16) and (x18 is velka\_x18) then (y17 is 3).
4. If (y16 is stredni\_y16) and (x18 is mala\_x18) then (y17 is 6).
5. If (y16 is stredni\_y16) and (x18 is stredni\_x18) then (y17 is 4).
6. If (y16 is stredni\_y16) and (x18 is velka\_x18) then (y17 is 2).
7. If (y16 is velka\_y16) and (x18 is mala\_x18) then (y17 is 5).
8. If (y16 is velka\_y16) and (x18 is stredni\_x18) then (y17 is 3).
9. If (y16 is velka\_y16) and (x18 is velka\_x18) then (y17 is 1).

### 3.6. Návrh stromové struktury HSFIS

Při návrhu stromové struktury jsou výchozí opět znalosti uvedené v kapitole 2. FIS je tvořen taktéž dvěma vstupy, jako tomu bylo v předcházející struktuře, ale rozdíl je v tom, že na vstupu jsou vždy dvě proměnné ze stejné úrovně, viz grafy 14 a 15.



Graf 14: Vstupy do FIS<sub>1,1</sub> [vlastní].



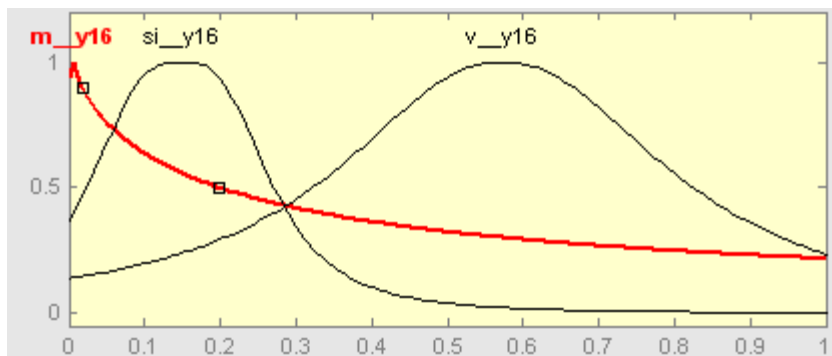
Graf 15: Vstupy do FIS<sub>1,2</sub> [vlastní].

Vstupní proměnná  $x_1$ , druhá vstupní proměnná  $x_2$  a pomocná výstupní proměnná  $y_1$  fuzzy inferenčního systému FIS<sub>1,1</sub> pro stromovou strukturu byly nastaveny tímto způsobem:

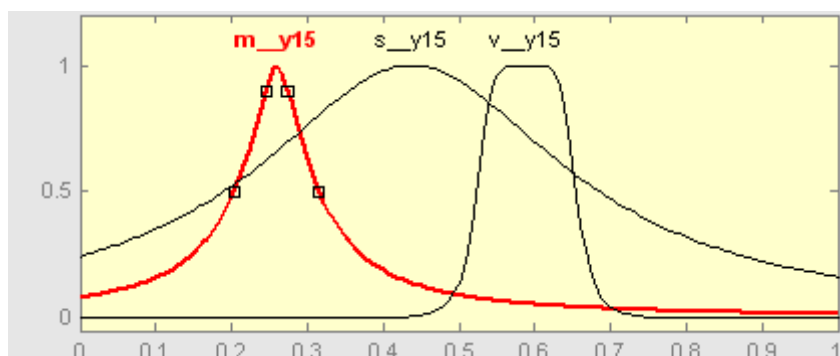
- vstupní proměnná  $x_1$ : mala\_x1[0.2601 2.5 -0.6529],  
stredni\_x1[0.2601 2.5 -0.0027], velka\_x1[0.2601 2.5 0.6475];
- vstupní proměnná  $x_2$ : mala\_x2[0.2478 2.5 -0.5698], stredni\_x2[0.2478 2.5 0.0496],  
velka\_x2[0.2478 2.5 0.669];
- pomocná výstupní proměnná  $y_1$ : mala\_y1[0.2 2.5 6.939e-018],  
stredni\_y1[0.2 2.5 0.5026], velka\_y1[0.2 2.5 1].

Poslední fuzzy inferenční systém sloužil taktéž jako klasifikátor a byl nastaven tímto způsobem (graf 16 – 18):

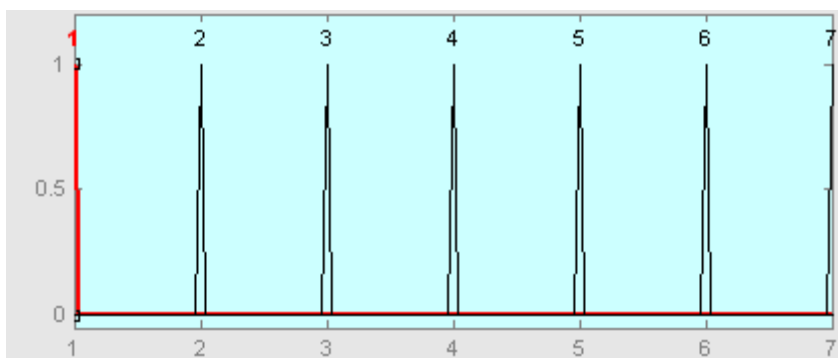
- pomocná proměnná  $y_{16}$ : mala\_y16[0.194 0.394 0.005299],  
stredni\_y16[0.124 1.524 0.1474], velka\_y16[0.251 1.105 0.573];
- pomocná proměnná  $y_{15}$ : mala\_y15[0.0566 0.798 0.2595],  
stredni\_y15[0.2478 0.994 0.437], velka\_y15[0.06576 3 0.589];
- výstupní klasifikační proměnná  $y_{17}$ : 1[1 1 1], 2[2 2 2], 3[3 3 3], 4[4 4 4], 5[5 5 5],  
6[6 6 6], 7[7 7 7].



Graf 16: Vstup  $y_{16}$  ve FIS<sub>17,1</sub> stromové struktury [vlastní].



Graf 17: Vstup  $y_{15}$  ve FIS<sub>17,1</sub> stromové struktury [vlastní].



Graf 18: Výstup  $y_{17}$  ve FIS<sub>17,1</sub> [vlastní].

Podmíněná pravidla byla vytvářena obdobným způsobem, jako v předchozí struktuře.

Takto jsou stanovena pravidla ve FIS<sub>1,1</sub>:

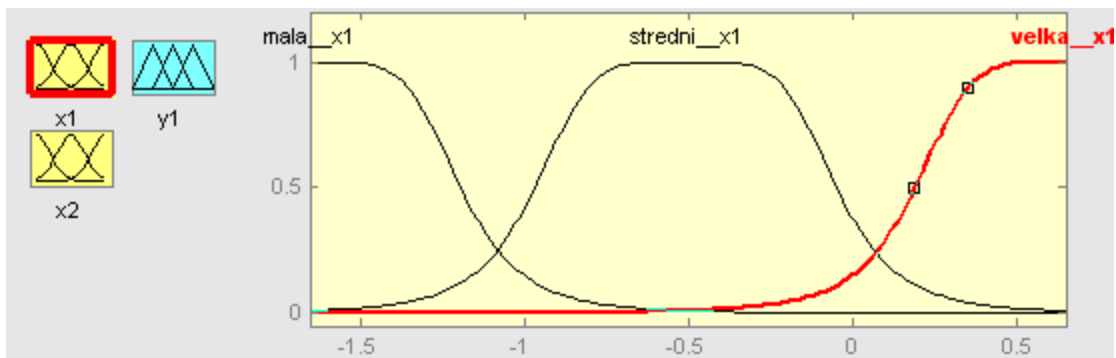
1. If ( $x_1$  is mala\_x1) and ( $x_2$  is mala\_x2) then ( $y_1$  is velka\_y1).
2. If ( $x_1$  is mala\_x1 and ( $x_2$  is stredni\_x2) then ( $y_1$  is mala\_y1).
3. If ( $x_1$  is stredni\_x1 and ( $x_2$  is velka\_x2) then ( $y_1$  is mala\_y1).
4. If ( $x_1$  is stredni\_x1 and ( $x_2$  is mala\_x2) then ( $y_1$  is velka\_y1).
5. If ( $x_1$  is velka\_x1 and ( $x_2$  is mala\_x2) then ( $y_1$  is mala\_y1).
6. If ( $x_1$  is stredni\_x1 and ( $x_2$  is mala\_x2) then ( $y_1$  is mala\_y1).
7. If ( $x_1$  is stredni\_x1 and ( $x_2$  is stredni\_x2) then ( $y_1$  is mala\_y1).
8. If ( $x_1$  is mala\_x1 and ( $x_2$  is stredni\_x2) then ( $y_1$  is velka\_y1).
9. If ( $x_1$  is mala\_x1 and ( $x_2$  is velka\_x2) then ( $y_1$  is mala\_y1).

Ostatní FIS jsou nastaveny podobně, výjimkou je pouze FIS<sub>17,1</sub>, ve kterém pravidla mají tuto podobu:

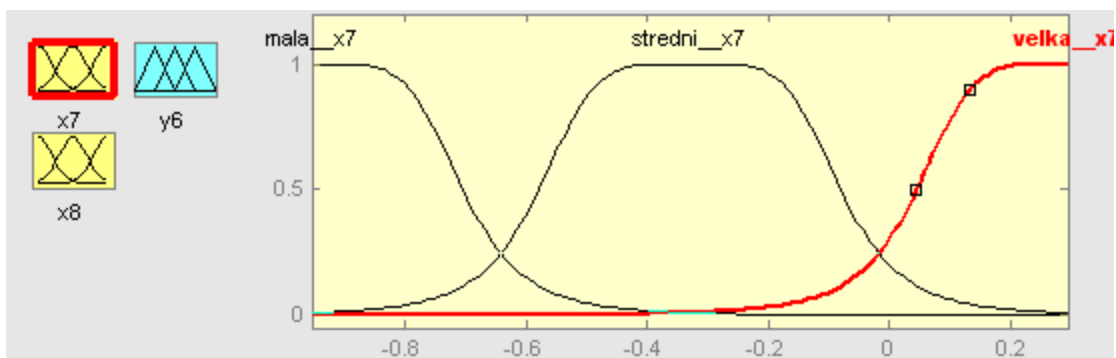
1. If ( $y_{16}$  is mala\_y16) and ( $y_{15}$  is mala\_y15) then ( $y_{17}$  is 7).
2. If ( $y_{16}$  is stredni\_y16) and ( $y_{15}$  is mala\_y15) then ( $y_{17}$  is 6).
3. If ( $y_{16}$  is stredni\_y16) and ( $y_{15}$  is stredni\_y15) then ( $y_{17}$  is 4).
4. If ( $y_{16}$  is stredni\_y16) and ( $y_{15}$  is velka\_y15) then ( $y_{17}$  is 2).
5. If ( $y_{16}$  is velka\_y16) and ( $y_{15}$  is velka\_y15) then ( $y_{17}$  is 1).
6. If ( $y_{16}$  is mala\_y16) and ( $y_{15}$  is velka\_y15) then ( $y_{17}$  is 5).
7. If ( $y_{16}$  is velka\_y16) and ( $y_{15}$  is mala\_y15) then ( $y_{17}$  is 3).
8. If ( $y_{16}$  is stredni\_y16) and ( $y_{15}$  is velka\_y15) then ( $y_{17}$  is 3).
9. If ( $y_{16}$  is stredni\_y16) and ( $y_{15}$  is mala\_y15) then ( $y_{17}$  is 5).

### 3.7. Návrh kombinace stromové a kaskádní struktury HSFIS

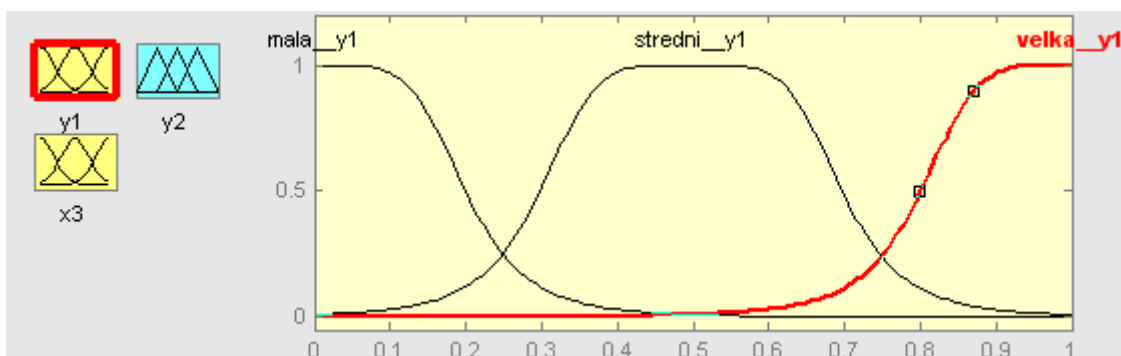
Kombinovaná struktura HSFIS je kombinací kaskádní a stromové struktury, kde se mísí charakteristické prvky obou struktur. Fuzzy inferenční systémy jsou kombinovány podle navržené struktury, tzn., že do některých FIS vstupují pouze vstupní proměnné  $x_i$  a naopak do některých vstupují vstupní proměnné společně s pomocnými proměnnými  $y_i$ . Na grafech 19 až 22 jsou zobrazeny rozdíly ve struktuře. Na grafech 19 a 21 je vidět, že do tohoto FIS vstupují parametry  $x_7$  a  $x_8$ , což značí prvek stromové struktury, naopak na grafech 20 a 22 je vidět prvek kaskádní struktury.



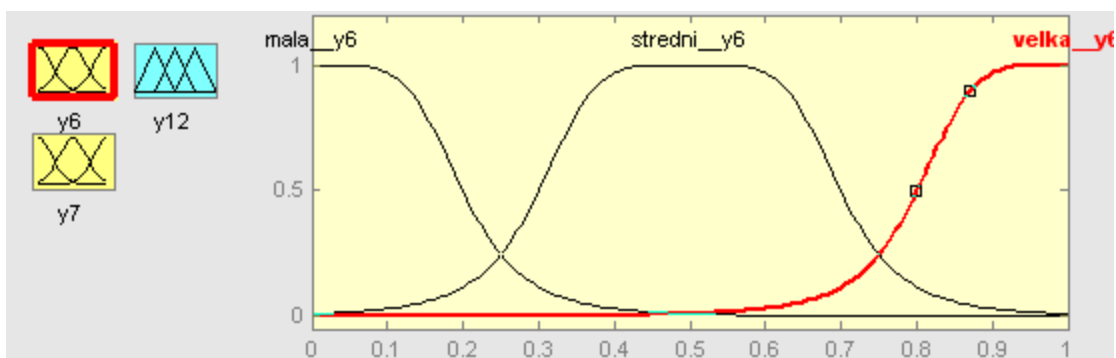
Graf 19: Vstupy  $x_1$  a  $x_2$  do FIS<sub>1,1</sub> [vlastní].



Graf 20: Vstupy  $x_7$  a  $x_8$  do FIS<sub>1,2</sub> [vlastní].



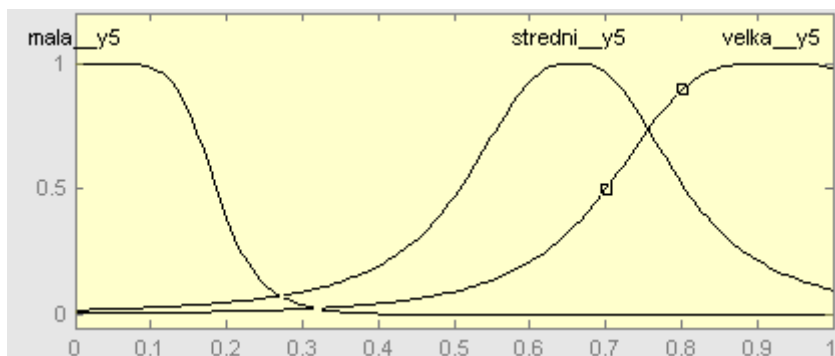
Graf 21: Vstupy  $y_1$  a  $x_3$  do FIS<sub>2,1</sub> [vlastní].



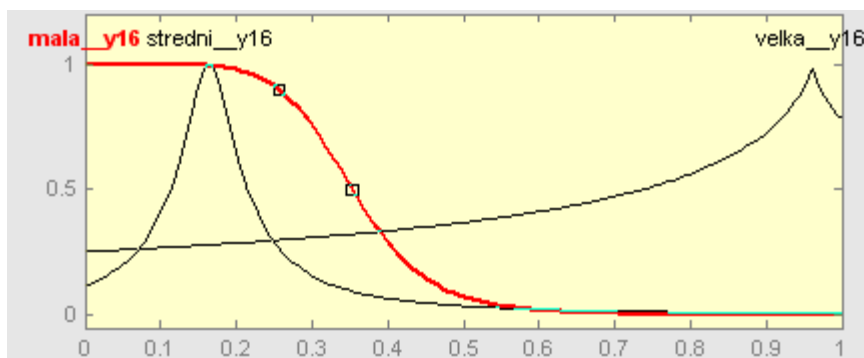
Graf 22: Vstupy  $y_6$  a  $y_7$  do FIS<sub>2,2</sub> [vlastní].

Nastavení posledního FIS (FIS<sub>6,1</sub>) je obdobné jako u předchozích struktur. Opět je definováno 9 pravidel a nastaveno 7 tříd klasifikace. Na grafech 23 – 25 jsou zobrazeny všechny funkce příslušnosti FIS<sub>6,1</sub>. Parametry vstupů jsou nastaveny takto:

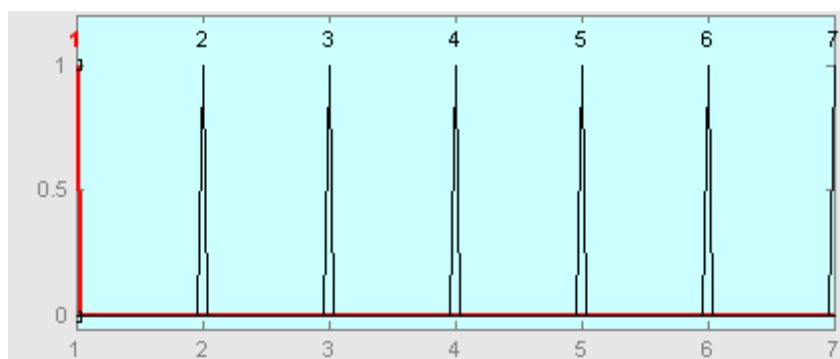
- pro  $y_5$ : mala\_y5[0.2 3.59 -0.0133], stredni\_y5[0.149 1.31 0.659], velka\_y5[0.223 1.78 0.926];
- pro  $y_{16}$ : mala\_y16[0.4331 4.33 -0.0799], stredni\_y16[0.0516 0.869 0.167], velka\_y16[0.224 0.3709 0.96];
- pro  $y_{17}$ : 1[1 1 1], 2[2 2 2], 3[3 3 3], 4[4 4 4], 5[5 5 5], 6[6 6 6], 7[7 7 7].



Graf 23: Vstupní  $y_5$  FIS<sub>6,1</sub> [vlastní].



Graf 24: Vstupní  $y_{16}$  FIS<sub>6,1</sub> [vlastní].



Graf 25: Výstupní  $y_{17}$  FIS<sub>6,1</sub> [vlastní].

Podmíněná pravidla FIS<sub>6,1</sub> mají tuto podobu:

1. If ( $y_5$  is mala\_y5) and ( $y_{16}$  is mala\_y16) then ( $y_{17}$  is 7).
2. If ( $y_5$  is mala\_y5) and ( $y_{16}$  is stredni\_y16) then ( $y_{17}$  is 5).
3. If ( $y_5$  is mala\_y5) and ( $y_{16}$  is velka\_y16) then ( $y_{17}$  is 3).
4. If ( $y_5$  is stredni\_y5) and ( $y_{16}$  is mala\_y16) then ( $y_{17}$  is 6).
5. If ( $y_5$  is stredni\_y5) and ( $y_{16}$  is stredni\_y16) then ( $y_{17}$  is 4).
6. If ( $y_5$  is stredni\_y5) and ( $y_{16}$  is velka\_y16) then ( $y_{17}$  is 2).

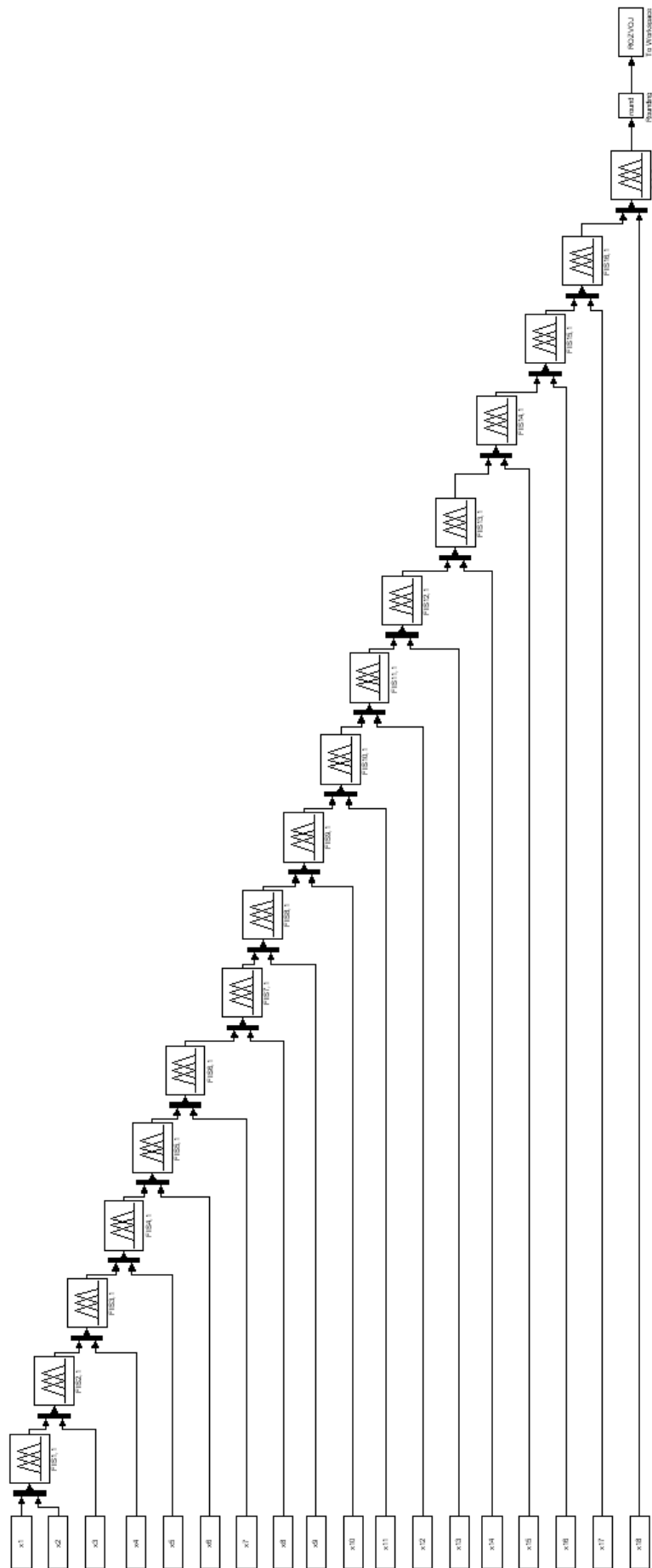
7. If (y5 is velka\_y5) and (y16 is mala\_y16) then (y17 is 5).
8. If (y5 is velka\_y5) and (y16 is stredni\_y16) then (y17 is 3).
9. If (y5 is velka\_y5) and (y16 is velka\_y16) then (y17 is 1).

### **3.8. Načtení jednotlivých FIS do programu MATLAB/Simulink**

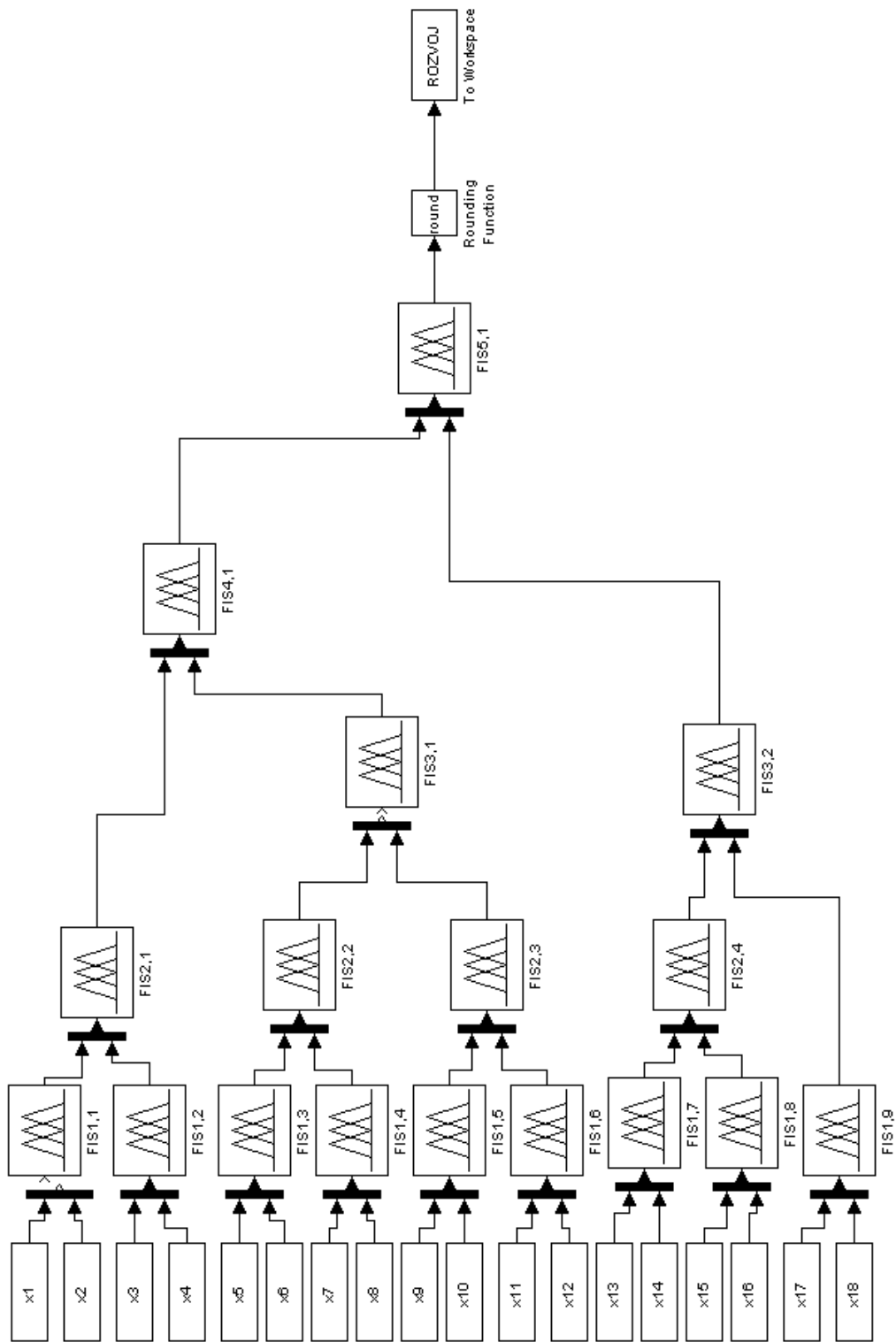
Po navržení jednotlivých fuzzy inferenčních systémů byla data načtena pomocí m-file do Workspace programu MATLAB a jednotlivé FIS sem byly také načteny. Poté byl spuštěn modul MATLAB/Simulink a do pracovního okna MATLAB/Simulink byly načteny jednotlivé bloky tvořící struktury HSFIS. Kaskádní struktura je zobrazena na obr. 20, stromová struktura je na obr. 21 a kombinace kaskádní a stromové struktury je na obr. 22. Po vytvoření modelu, nastavení všech bloků a jednotlivých FIS se spustí Simulink, který spustí klasifikaci obcí do tříd. Výsledky klasifikace jsou popsány v další kapitole.

### **3.9. Shrnutí kapitoly**

V kapitole bylo, na základě regionální strategie udržitelného rozvoje, navrženo několik vstupních parametrů, ze kterých byla sestavena původní datová matice. Na těchto parametrech byla provedena analýza dat, ve které se zjišťovaly korelační závislosti. Parametry, které splňovaly podmínku minimální závislosti na jiných parametrech, byly vybrány do nové matice dat. Tato datová matice již splňuje všechny požadavky a bude moci být použita jako datový soubor pro následné modelování udržitelného rozvoje. Nakonec byly v této kapitole popsány a zobrazeny jednotlivé struktury HSFIS včetně nastavení FIS.

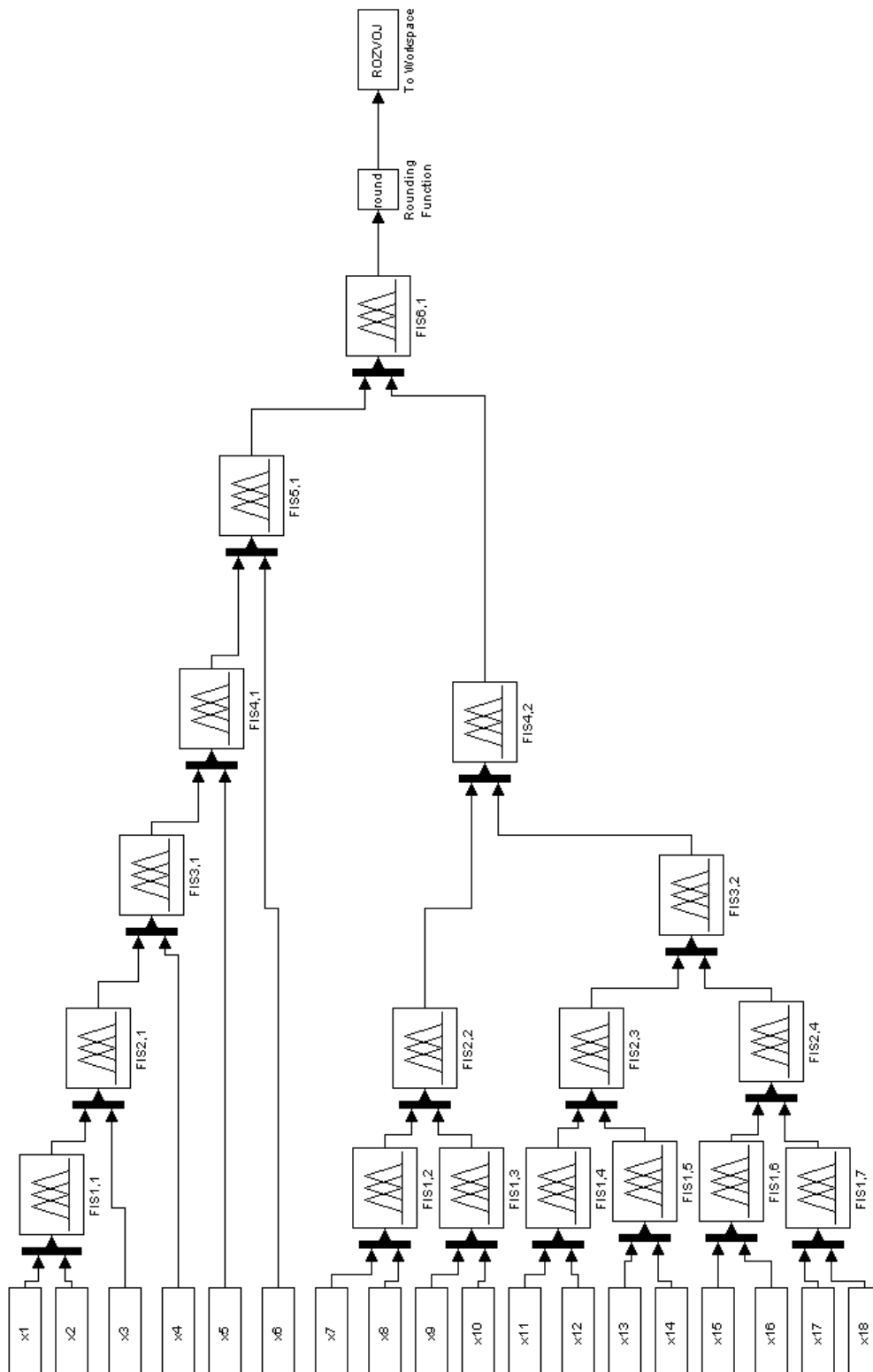


Obr. 19: Návrh kaskádní struktury HSFIS [vlastní].



Obr. 20: Návrh stromové struktury HSFIS [vlastní].





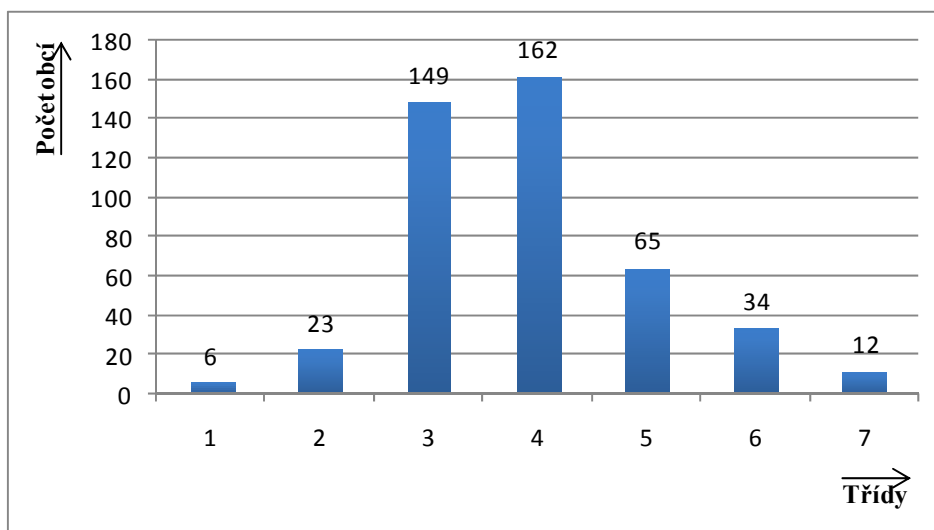
Obr. 21: Kombinace kaskádní a stromové HSFIS [vlastní].

## 4. Analýza výsledků navržených modelů

V předchozí kapitole byly navrženy modely na klasifikaci obcí do sedmi tříd pomocí hierarchických struktur fuzzy inferenčních systémů. Každá ze struktur přinesla jiné výsledky. V této kapitole jsou výsledky graficky zpracovány do sloupcových grafů a v posledním grafu jsou porovnány mezi sebou.

### 4.1. Kaskádní struktura

Data z prostředí MATLAB/Workspace byla překopírována do programového prostředí MS Excel a zde byla provedeno grafické zpracování do sloupcového grafu (viz graf 20). V kaskádní struktuře nejvíce obcí patří do třídy 4, celkem 162 obcí. Druhou nejpočetnější třídou je třída 3, kam patří 149 obcí. Ve zbylých třídách je obcí mnohem méně, nežli v těchto dvou hlavních třídách. Průměrná hodnota zatřídění je přibližně 3.90. Zatřídění je logické, neboť rozložení obcí v tomto grafu odpovídá Gaussovu normálnímu rozdělení pravděpodobnosti.

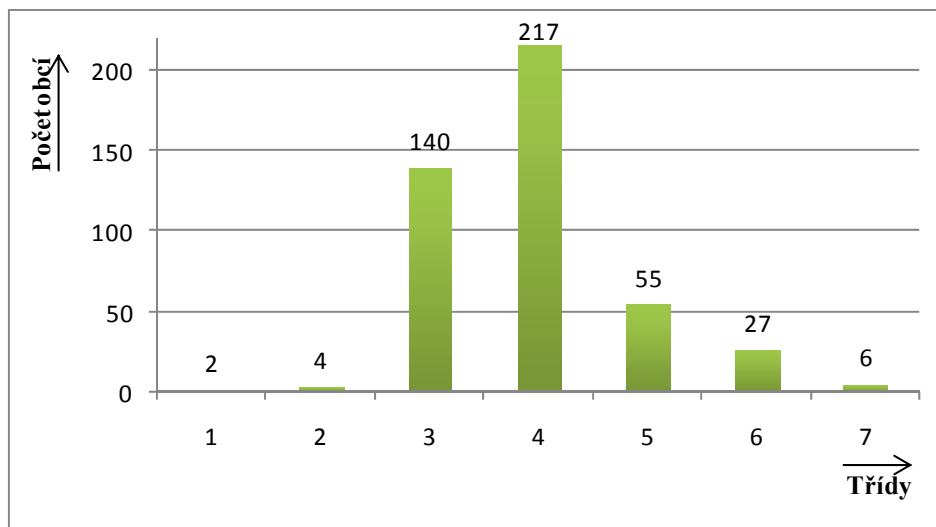


Graf 26: Klasifikace podle kaskádní struktury FIS [vlastní].

### 4.2. Stromová struktura

Stejně jako v případě kaskádní hierarchické struktury FIS, tak i v případě stromové struktury data prošla programem MATLAB/Simulink a poté byla načtena do programu MS Excel a zde byla graficky zpracována. Výsledkem je sloupcový graf s normálním rozdělením pravděpodobnosti, který rozděluje data do 7 tříd. Nejvíce obcí je v prostřední, čtvrté třídě (217). Druhou největší třídou je třetí třída, kde se nachází 140 obcí. Třetí

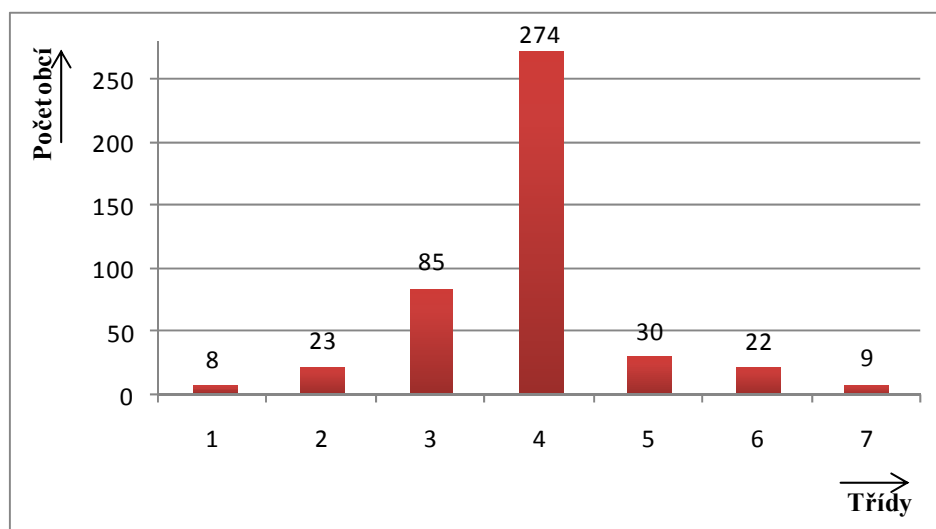
nejpočetnější třídou je třída 5, která čítá celkem 55 obcí. Výsledky klasifikace pomocí stromové struktury hierarchických fuzzy inferenčních systémů zobrazuje graf 21. Průměrné zatřídění odpovídá hodnotě 3.94, více hodnot je opět zastoupeno v první polovině tříd, tedy v třídách 1 – 4.



Graf 27: Výsledky klasifikace pomocí stromové struktury FIS [vlastní].

### 4.3. Kombinace kaskádní a stromové struktury

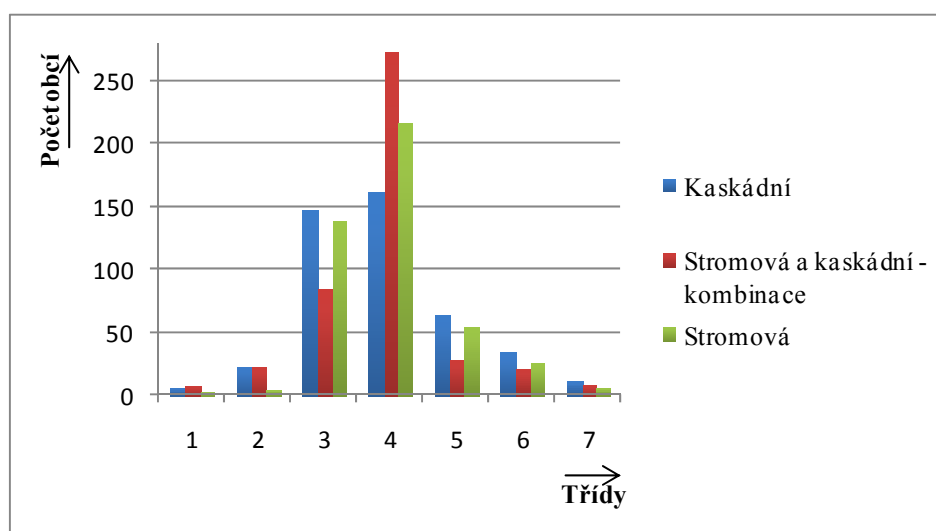
Kombinací kaskádní a stromové struktury vznikl graf 22, který nejvíce obcí zatřídil do čtvrté třídy, dále druhou nejpočetnější třídou je třída číslo tři a na třetím místě je třída pět. Opět se zde vyskytuje normální rozdělení souboru s nepočetnější kategorií č. 4. Průměrnou hodnotou této klasifikace je opět hodnota z první poloviny souboru, a to 3.88.



Graf 28: Kombinace kaskádní a stromové hierarchické struktury FIS [vlastní].

#### 4.4. Porovnání výsledků jednotlivých struktur

Všechny tři modely jsou pro ilustraci zobrazeny ve společném grafu 23, kde jsou patrné rozdíly mezi jednotlivými modely klasifikace. Modrou barvou je zobrazen model kaskádní hierarchické struktury, zelenou barvu zde má model stromové struktury HSFIS a červenou barvou je zde zastoupen model kombinující kaskádní a stromovou hierarchickou strukturu. Každý model byl vytvořen s jinými funkcemi příslušnosti i s jinými podmíněnými pravidly, a proto nepřináší stejné výsledky jako modely ostatní. Ale přesto je zde možné sledovat podobnost mezi všemi třemi modely, například zatřídění do jednotlivých tříd je sice jinak číselně vyjádřeno, ale poměr zastoupení v jednotlivých třídách je téměř stejný.



Graf 29: Porovnání všech tří modelů klasifikace [vlastní].

#### 4.5. Shrnutí kapitoly

V této kapitole byly mezi sebou analyzovány výsledky jednotlivých modelů hierarchických struktur fuzzy inferenčních systémů. Všechny modely přinesly přibližně stejné výsledky. Rozdělení hodnot v jednotlivých modelech do předem stanovených tříd odpovídá normálnímu rozdělení souboru, tzn., že v prostřední třídě je zastoupeno nejvíce hodnot a počet hodnot směrem k okrajům klesá. V krajních třídách je zastoupeno nejméně hodnot. Všechny zjištěné výsledky jsou pro lepší představivost graficky zobrazeny v podobě sloupcových grafů.

## Závěr

V práci byla řešena problematika trvale udržitelného rozvoje. Tento pojem nelze zcela jednoduše specifikovat. Hlavním cílem trvale udržitelného rozvoje je to, aby byla současná úroveň života společnosti plynule zvyšována, ale přitom nebyl ohrožen život na planetě v budoucnu, pro další generace, které zde budou žít. Problém udržitelnosti zdrojů, lidských potřeb či klimatických změn je věcí nejen mezinárodních organizací, ale zabývají se tím i malé regiony, obce, či správní obvody měst, které motivují subjekty působící v těchto katastrofách k tomu, aby udržitelný rozvoj vstoupil do povědomí široké veřejnosti a všichni, nejen velké podniky a organizace se snažili trvalé udržitelnosti dosahovat. Trvale udržitelný rozvoj je tématem mnoha světových konferencí a s tímto pojmem souvisí i mnoho projektů, které po celém světě vznikají.

V rámci celé České republiky vznikly Lokální Agendy 21, které se problematikou udržitelného rozvoje úzce zabývají. Jsou to dokumenty, které jsou vypracované pro jednotlivé kraje a v rámci těchto krajů jsou navrhovány různé indikátory udržitelného rozvoje. V této práci byla řešena problematika udržitelného rozvoje na úrovni regionální, a to v Pardubickém kraji. Tato práce je specializovaná pouze na sociální pilíř udržitelného rozvoje. V první části práce byly tedy navrženy indikátory udržitelného rozvoje ze sociální oblasti udržitelného rozvoje. Bylo vybráno několik parametrů, které byly nejprve mezi sebou porovnány, a to procesem standardizace a následné normalizace a nakonec byly tyto parametry vloženy do korelační matice, ve které se ověřovalo, zda mezi nimi neexistuje korelační vztah. Všechny parametry, které splňují podmínku nekorelovanosti, byly použity v dalším modelování jako vstupní vektory.

Další část práce se zabývala definováním pojmů fuzzy množiny, fuzzy inferenční systémy a s tím související pojem hierarchické struktury fuzzy inferenčních systémů. Byly zde popsány i graficky zobrazeny všechny tři typy struktur, a to kaskádní, stromová a kombinace kaskádní a stromové hierarchické struktury fuzzy inferenčních systémů. V následující kapitole byly tyto struktury navrženy v editoru fuzzy inferenčních systémů programu MATLAB. Návrh tvorby jednotlivých struktur byl v této kapitole nejen popsán, ale také zobrazen na jednotlivých obrázcích a grafech. Do každé struktury vstupovaly jiné FIS. Po vytvoření jednotlivých fuzzy inferenčních systémů, které vstupují do každé struktury, bylo nutné vytvořit všechny tři hierarchické struktury (kaskádní, stromovou, kombinovanou) v programovém prostředí MATLAB, konkrétně v modulu Simulink. Po vytvoření a spuštění jednotlivých struktur byly obce klasifikovány do jednotlivých tříd.

Cílem práce bylo navržení modelů hierarchických struktur fuzzy inferenčních systémů vhodných ke klasifikaci obcí do předem stanovených tříd, a to na základě zvolených sociálních parametrů. Parametry musely být nejen vhodně zvoleny, ale také správně načteny do programového prostředí MATLAB, kde byla klasifikace prováděna. Kromě načtených dat bylo nutné vytvořit fuzzy inferenční systémy, které vstupovaly do jednotlivých hierarchických struktur. Tyto tři modely byly mezi sebou v závěru porovnány a bylo vyhodnoceno, jaké výsledky jednotlivé modely přináší. Každý z modelů přinesl odlišné výsledky, ale v celkovém porovnání všechny tři modely vykazovaly stejnou tendenci, a to, že v prostřední třídě se soustředil největší počet obcí a od středu tento počet postupně klesal.

## Seznam obrázků:

Obr. 1: Oblasti trvale udržitelného rozvoje a jejich význam.....	8
Obr. 2: Vize zdravého města .....	15
Obr. 3: Klasická množina .....	23
Obr. 4: Fuzzy množina .....	23
Obr. 5: Funkce příslušnosti.....	24
Obr. 6: Všeobecná struktura fuzzy inferenčního systému.....	25
Obr. 7: Fuzzifikace dat prostřednictvím funkce příslušnosti.....	26
Obr. 8: Implikační proces .....	26
Obr. 9: Agregační proces.....	27
Obr. 10: Schematické znázornění zobrazení .....	29
Obr. 11: Znázornění vstupů a výstupu FIS typu Mamdani .....	29
Obr. 12: Rozklad úlohy na podúlohy .....	30
Obr. 13: Kaskádová hierarchická struktura .....	32
Obr. 14: Stromová hierarchická struktura .....	33
Obr. 15: Kombinace stromové a kaskádní hierarchické struktury .....	34
Obr. 16: Schéma modelu udržitelného rozvoje .....	36
Obr. 17: Návrh FIS .....	46
Obr. 18: Vstupy a výstupy jednotlivých FIS .....	46
Obr. 20: Návrh kaskádní struktury HSFIS .....	57
Obr. 21: Návrh stromové struktury HSFIS.....	58
Obr. 22: Kombinace kaskádní a stromové HSFIS.....	59

## Seznam grafů:

Graf 1: Naděje dožití při narození v krajích ČR v roce 2006.....	38
Graf 2: Obyvatelstvo s vysokoškolským vzděláním v krajích ČR v roce 2006 .....	38
Graf 3: Obecná míra nezaměstnanosti v Pardubickém kraji a ČR v letech 1993 – 2006....	39
Graf 4: Bytová výstavba v krajích ČR v letech 1998 – 2006.....	41
Graf 5: Vstup $x_1$ do FIS <sub>1,1</sub> .....	47
Graf 6: Vstup $x_2$ do FIS <sub>1,1</sub> .....	47
Graf 7: Výstup $y_1$ z FIS <sub>1,1</sub> .....	47

Graf 8: Vstup $y_1$ do FIS <sub>2,1</sub> .....	48
Graf 9: Vstup $x_3$ do FIS <sub>2,1</sub> .....	48
Graf 10: Výstup $y_2$ z FIS <sub>2,1</sub> .....	48
Graf 11: Vstup $y_{16}$ do FIS <sub>17,1</sub> .....	50
Graf 12: Vstup $x_{18}$ do FIS <sub>17,1</sub> .....	50
Graf 13: Výstup $y_{17}$ z FIS <sub>17,1</sub> .....	50
Graf 14: Vstupy do FIS <sub>1,1</sub> .....	51
Graf 15: Vstupy do FIS <sub>1,2</sub> .....	51
Graf 16: Vstup $y_{16}$ ve FIS <sub>17,1</sub> stromové struktury.....	52
Graf 17: Vstup $y_{15}$ ve FIS <sub>17,1</sub> stromové struktury.....	52
Graf 18: Výstup $y_{17}$ ve FIS <sub>17,1</sub> .....	53
Graf 19: Vstupy $x_1$ a $x_2$ do FIS <sub>1,1</sub> .....	54
Graf 20: Vstupy $x_7$ a $x_8$ do FIS <sub>1,2</sub> .....	54
Graf 21: Vstupy $y_1$ a $x_3$ do FIS <sub>2,1</sub> .....	54
Graf 22: Vstupy $y_6$ a $y_7$ do FIS <sub>2,2</sub> .....	54
Graf 23: Vstupní $y_5$ FIS <sub>6,1</sub> .....	55
Graf 24: Vstupní $y_{16}$ FIS <sub>6,1</sub> .....	55
Graf 25: Výstupní $y_{17}$ FIS <sub>6,1</sub> .....	55
Graf 26: Klasifikace podle kaskádní struktury FIS.....	60
Graf 27: Výsledky klasifikace pomocí stromové struktury FIS.....	61
Graf 28: Kombinace kaskádní a stromové hierarchické struktury FIS.....	61
Graf 29: Porovnání všech tří modelů klasifikace.....	62

### **Seznam tabulek:**

Tabulka 1: Srovnání počtu $p$ podmíněných pravidel pro fis typu HSFIS.....	31
Tabulka 2: Korelační matice všech parametrů.....	44
Tabulka 3: Třídy pro zařazení obcí.....	45
Tabulka 4: Datový slovník pro tvorbu FIS.....	49



## Seznam zkratek:

Zkratka	Popis anglicky	Popis česky
EU	European Union	Evropská unie
EUROSTAT		Evropská statistická kancelář
FAO	Food and Agriculture Organization	Organizace pro výživu a zemědělství
FIS	Fuzzy Inference System	Fuzzy inferenční systém
GEMS	Global Environmental Monitoring System	Globální environmentální monitorovací systém
GIS	Geographic Information Systems	Geografické informační systémy
HSFIS	Hierarchical Structure of Fuzzy Inference System	Hierarchická struktura fuzzy inferenčních systémů
LA 21	Local Agenda 21	Lokální Agenda 21
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development	Organizace pro hospodářskou a spolupráci a rozvoj
OPEC	Organization of the Petroleum Exporting Countries	Organizace zemí vyvážející ropu
OSN	United Nations Organization	Organizace spojených národů
SCOPE	Scientific committee of Problems of Environment	Vědecký výbor pro problémy životního prostředí
UN	United Nations	Spojené národy
UNEP	United Nations Environmental Program	Program Spojených národů pro životní prostředí
UNSTAT	United Nations Statistical Office	Statistická kancelář Spojených národů
WCED	World Commission for Education and Development	Světová komise pro životní prostředí a rozvoj
WHO	World Helthe Organization	Světová zdravotnická organizace
WMO	World Meteorologicas Organization	Světová meteorologická organizace
WRI	World Resources Institute	Světový ústav zdrojů

## Seznam použité literatury:

1. SVRŠEK, J.. *Udržitelnost je mrtvá, ať žije udržitelnost* [online]. 2001 [cit. 2009-04-22]. Dostupný z WWW: <<http://natura.baf.cz/natura/2004/10/20041004.html>>.
2. JENÍČEK, V., FOLTÝN, J. *Globální problémy ve světové ekonomice*. Praha : [s.n.], 1998. 139 s. ISBN 80-7079-166-7.
3. HÁLA, V. *Internetový portál pro trvale udržitelný život : Trvale udržitelný rozvoj - definice a praxe* [online]. 2007 [cit. 2009-02-16]. Dostupný z WWW: <<http://www.sustainable.cz/definiceapraxe.htm>>.
4. *Indikátory trvale udržitelného rozvoje* [online]. 1996 [cit. 2009-02-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.czp.cuni.cz/osoby/Moldan/moldan2.htm>>.
5. RYNDA, I. *Udržitelný rozvoj: Trvale udržitelný rozvoj* [online]. 2006 [cit. 2009-02-16]. Dostupný z WWW:<[http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/MZPMSFHV0HSB](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/MZPMSFHV0HSB)>.
6. MOLDAN, B. *Indikátory trvale udržitelného rozvoje*. Praha : Ministerstvo životního prostředí České republiky, 1996. 87 s. ISBN 80-7078-380-X.
7. ŠUTA, M.. *Co nám Země dává zadarmo aneb Ekosystémy a lidský blahobyt* [online]. 2007 [cit. 2009-02-16]. Dostupný z WWW: <<http://suta.blog.respekt.cz/c/13413/Co-nam-Zeme-dava-zadarmo-aneb-Ekosystemy-a-lidsky-blahobyt.html>>.
8. JENÍČEK, V. *Ekologická politika evropské unie a trvale udržitelný rozvoj*. [s.l.] : [s.n.], 2001. 98 s.
9. *Vymezení pojmu udržitelného rozvoje* [online]. 2008 [cit. 2009-03-04]. Dostupný z WWW: <[http://www.uur.cz/images/pap/KapitolaA/A11\\_VymezeniPojmuUdrzitelnehoRozvoje\\_20061206.pdf](http://www.uur.cz/images/pap/KapitolaA/A11_VymezeniPojmuUdrzitelnehoRozvoje_20061206.pdf)>.
10. *Ekonomické a sociální souvislosti udržitelného rozvoje: Aplikace environment. účetnictví na mikro a makro úrovni*. Brno: 2005. 128 s. ISBN 80-7194-790-3.
11. *TIMUR : Týmová iniciativa pro místní udržitelný rozvoj* [online]. 2006 [cit. 2009-04-05]. Dostupný z WWW: <<http://www.timur.cz/cz/indikatory/co-je-indikator.html>>.
12. *Strategie udržitelného rozvoje EU*. [s.l.] : [s.n.], 2006. 29 s. Dostupný z WWW: <[http://www.cenia.cz/web/www/web-ub2.nsf/\\$pid/MZPMSFHD4PB3/\\$FILE/st\\_ur\\_eu\\_cs06.pdf](http://www.cenia.cz/web/www/web-ub2.nsf/$pid/MZPMSFHD4PB3/$FILE/st_ur_eu_cs06.pdf)>.

13. KRAJŠEK, B. *Úvod k místním agendám 21 v České republice*. Praha : Ministerstvo životního prostředí České republiky, 1998. 96 s. ISBN 80-7212-052-2.
14. *Český statistický úřad* [online]. 2008 [cit. 2009-04-05]. Dostupný z WWW: <<http://www.czso.cz>>.
15. *UDRŽITELNÝ ROZVOJ MĚST A VENKOVSKÝCH SÍDEL* [online]. 2008 [cit. 2009-04-22]. Dostupný z WWW: <[www.jihovychod.cz/download/publikace/priloha-03-rozvoj.pdf](http://www.jihovychod.cz/download/publikace/priloha-03-rozvoj.pdf)>.
16. *Systém místní Agendy 21 v obci, městě, regionu a jeho základní části*. [s.l.] : [s.n.], 2000. 8 s. Dostupný z WWW: <[http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/MZPMSFGSI0KM/\\$FILE/system\\_ma21.pdf](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/MZPMSFGSI0KM/$FILE/system_ma21.pdf)>.
17. *Národní síť zdravých měst* [online]. 2008 [cit. 2009-04-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.nszm.cz/>>.
18. BENDL, J. *Zdravá města, regiony, obce ČR* [online]. 2008 [cit. 2009-04-15]. Dostupný z WWW: <[http://web.mvcr.cz/archiv2008/casopisy/s/2003/0019/pril\\_1.html](http://web.mvcr.cz/archiv2008/casopisy/s/2003/0019/pril_1.html)>.
19. *Udržitelný rozvoj v České republice* [online]. 2008 [cit. 2009-04-22]. Dostupný z WWW: <[www.czso.cz/xl/edicniplan.nsf/t/AF004532E2/\\$File/13-514707a01.doc](http://www.czso.cz/xl/edicniplan.nsf/t/AF004532E2/$File/13-514707a01.doc)>.
20. *Strategie udržitelného rozvoje České republiky*. [s.l.] : [s.n.], 2004. 59 s. Dostupný z WWW: <[http://www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/\\$pid/MZPISF7Z6L7V/\\$FILE/SUR%20%C4%8CR\\_FINALlistopad2004.pdf](http://www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/$pid/MZPISF7Z6L7V/$FILE/SUR%20%C4%8CR_FINALlistopad2004.pdf)>.
21. *Ministerstvo životního prostředí České republiky : Strategie udržitelného rozvoje* [online]. 2005 [cit. 2009-02-16]. Dostupný z WWW: <[http://www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/\\$pid/MZPISF7Z6L7V](http://www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/$pid/MZPISF7Z6L7V)>.
22. *Strategie udržitelného rozvoje České republiky* [online]. 2005 [cit. 2009-04-22]. Dostupný z WWW: <<http://www.businessinfo.cz/cz/clanek/koncepce-a-politiky/strategie-udrzitelneho-rozvoje-ceske/1000502/21089/>>.
23. *Evropský sociální fond ČR: Strategie udržitelného rozvoje ČR* [online]. 2004 [cit. 2009-02-16]. Dostupný z WWW: <<http://www.esfcr.cz/file/3773/>>.
24. *Systém místní Agendy 21 v obci, městě, regionu a jeho základní části*. [s.l.] : [s.n.], 2000. 8 s. Dostupný z WWW: <[http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/MZPMSFGSI0KM/\\$FILE/system\\_ma21.pdf](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/MZPMSFGSI0KM/$FILE/system_ma21.pdf)>.
25. OLEJ, V. *Modelovanie ekonomických procesov na báze výpočtovej inteligencie*, [Vedecká monografia], Miloš Vognar-M and V, Hradec Králové, 2003.

26. MAŘÍK, V., ŠTĚPÁNKOVÁ, O., a kol. *Umělá inteligence (1)*. Praha : Akademia - Akademie věd ČR, 1997. 366 s. ISBN 80-200-0496-3.
27. KVASNIČKA, V., et al. *Úvod do teórie neurónových sietí*. Bratislava : [s.n.], 1997. 262 s. ISBN 80-88778-30-1.
28. KŘUPKA, J., OLEJ, V. *Hierarchical Structure of Decision Processes on the Basic of DSP Starter Kit*. Proc. of the 3rd International Mendel Conference on Genetic Algorithms, Optimalization Problems, Fuzzy Logic and Neural Networks, MENDEL '97, Brno, Czech Republic, 1997, pp.210-214, ISBN 80-214-0884-7.
29. HÁJEK, P., OLEJ, V. *Municipal Creditoorthiness Modelling by means of Fuzzy Inference Systems and Neural Networks*. Proc. of 4th Int. Conference on Information Systems and Technology Management, TESCI-FEA USP, Sao Paulo, Brazil, May 30-June 01, 2007, pp. 586-608, ISBN 978-99693-02-5.
30. *Český statistický úřad - PARDUBICE* [online]. 2009 [cit. 2009-04-22]. Dostupný z WWW: <<http://www.czso.cz/xednicnplan.nsf/kapitola/13-53n39-07--09>>.
31. MELOUN, M., MILITKÝ, J., HILL, M. *Počítačová analýza vícerozměrných dat v příkladech*. Praha : Academia, 2005. 449 s. ISBN 80-200-1335-0.
32. KUBANOVÁ, J. *Statistické metody pro ekonomickou a technickou praxi*. Bratislava : Statis, 2003. 247 s. ISBN 80-85659-31-X.