

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní

Modelování udržitelného rozvoje obcí pomocí fuzzy logiky

Bc. Jiří Vlček

Diplomová práce

2009

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMELECKÉHO DÍLA, UMELECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jiří VLČEK**

Studijní program: **N6209 Systémové inženýrství a informatika**

Studijní obor: **Informatika ve veřejné správě**

Název tématu: **Modelování udržitelného rozvoje obcí pomocí fuzzy logiky**

Zásady pro vypracování:

Charakterizujte udržitelný rozvoj regionů a obcí v ČR.

Navrhněte indikátory udržitelného rozvoje obcí, a to ekonomické, sociální a environmentální.

Charakterizujte fuzzy logické inferenční systémy a intuitionistické fuzzy inferenční systémy.

Navrhněte model na klasifikaci obcí podle jejich udržitelného rozvoje.

V programovém prostředí Matlab verifikujte tento model.

Realizujte analýzu výsledků.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

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

Seznam odborné literatury:

OLEJ, V. Modelovanie ekonomických procesov na báze výpočtovej inteligencie. Hradec Králové : M&V, 2003. ISBN 80-903024-9-1.

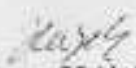
NOVÁK, V. Základy fuzzy modelování. Praha : BEN, 2000. ISBN 80-7300-009-1.

OLEJ, V., HÁJEK, P. Hierarchical Structure of Fuzzy Inference Systems Design for Municipal Creditworthiness Modelling. World Scientific and Engineering Academy and Society - WSEAS, WSEAS Transactions on Systems and Control, WSEAS Press, February 2007, Issue 2, Vol. 2, ISSN 1991-8763, pp.162-169.

HÁJEK, P., OLEJ, V. Modelling Municipal Creditworthiness by Hierarchical Structures of Fuzzy Inference Systems. Proc. of 6th WSEAS International Conference on Artificial Intelligence, Knowledge and Engineering and Data Bases (AIKED06), 16.2.07-19.2.07, Corfu, Greece, 2007. ISBN 978-960-8457-59-1.

BERAN, V., DLASK, P. Management udržitelného rozvoje regionů, sídel a obcí. Praha : Academia, 2005. ISBN 80-200-1201-X.

Vedoucí diplomové práce:


Ing. Petr Hájek, Ph.D.

Ústav systémového inženýrství a informatiky

Datum zadání diplomové práce:

6. října 2008

Termín odevzdání diplomové práce:

1. května 2009


doc. Ing. Renáta Myšková, Ph.D.

děkanka

L.S.


doc. Ing. Jiří Kráupka, Ph.D.

vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 6. října 2008

Prohlašuji:

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

Byl jsem seznámen 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 17. 4. 2009

Jiří Vlček

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych rád poděkovat vedoucímu diplomové práce, panu Ing. Petru Hájkovi, Ph.D. za odbornou pomoc, připomínky a rady k obsahové i formální stránce této diplomové práce, za vedení a podporu při vypracování.

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá modelováním udržitelného rozvoje obcí pomocí fuzzy logiky. Řešená problematika se vztahuje na vybranou oblast Pardubického kraje. V první části práce je popsána problematika udržitelného rozvoje a navrženy vhodné indikátory pro modelování udržitelného rozvoje obcí, a to ekonomické, sociální a environmentální. Další část je věnována problematice metody modelování, kterou je fuzzy logika a charakteristice hierarchické struktury fuzzy inferenčních a intuitionistických fuzzy inferenčních systémů. Kapitola návrh modelu obsahuje předzpracování dat a návrh intuitionistických hierarchických fuzzy inferenčních systémů. V závěru, jsou analyzovány a popsány výsledky.

KLÍČOVÁ SLOVA

udržitelný rozvoj; indikátory; fuzzy logika; intuitionistické fuzzy inferenční systémy; MATLAB/Simulink

TITLE

Modelling the sustainable development of municipalities by fuzzy logic

ANNOTATION

This thesis deals with modelling of sustainable development of municipalities using fuzzy logic. Dealing with the issue applies to a selected area of the Pardubice region. In the first part of the work has been a reported problem of sustainable development and suitable parameters for modelling of sustainable development of communities, and to economic, social and environmental. Another part is devoted to problems of modelling, which is fuzzy logic and characteristics of a hierarchical structure of fuzzy inferential and inferential intuitionistic fuzzy systems. Chapter draft model includes pre-processing data and a specific proposal for the model data. In conclusion, the results are described and analyzed.

KEYWORDS

sustainable development; parameters, fuzzy logic; intuitionistic fuzzy inferential systems, MATLAB / Simulink

OBSAH

Úvod	9
1. Udržitelný rozvoj	10
1.1 Vymezení pojmu udržitelného rozvoje.....	10
1.1.1 Hledání udržitelného rozvoje.....	10
1.1.2 Pojem udržitelného rozvoje a jeho aspekty	11
1.1.3 Obecná definice trvale udržitelného rozvoje.....	11
1.2 Chápání udržitelného rozvoje mezinárodními organizacemi	13
1.2.1 Světová banka.....	13
1.2.2 OSN – organizace spojených národů.....	14
1.2.3 OECD	15
1.2.4 Evropská unie	15
1.3 Pilíře udržitelného rozvoje.....	17
1.4 Udržitelný rozvoj na regionální a místní úrovni.....	19
1.5 Indikátory udržitelného rozvoje na místní úrovni	20
1.6 Dílčí závěr.....	21
2. Použitá metoda na modelování udržitelného rozvoje.....	22
2.1 Fuzzy logika	22
2.2 Všeobecná struktura Fuzzy inferenčních systémů.....	25
2.3 Implikace a agregace	27
2.4 Fuzzifikace a defuzzifikace	28
2.5 Intuitionistické fuzzy množiny	30
2.6 Dílčí závěr.....	31
3. Hierarchická struktura intuitionistického fuzzy inferenčního systému	32
3.1 Stromová struktura IHFIS	32
3.2 Kaskádní struktura IHFIS.....	34
3.3 Kombinace stromové a kaskádní struktury IHFIS	35
3.4 Dílčí závěr.....	36
4. Návrh indikátorů udržitelného rozvoje pro obce Pardubického kraje.....	37
4.1 Pardubický kraj.....	37
4.2 Návrh indikátorů udržitelného rozvoje pro oblast ekonomickou, environmentální a sociální.....	37
4.2.1 Ekonomické indikátory	39

4.2.2	Environmentální indikátory.....	42
4.2.3	Sociální indikátory.....	45
4.3	Dílčí závěr.....	49
5.	Návrh modelu udržitelného rozvoje obcí Pardubického kraje	50
5.1	Návrh IHFIS pro modelování ekonomické oblasti udržitelného rozvoje obcí Pardubického kraje	50
5.2	Návrh IHFIS pro modelování environmentální oblasti udržitelného rozvoje obcí Pardubického kraje	52
5.3	Návrh IHFIS pro modelování sociální oblasti udržitelného rozvoje obcí Pardubického kraje	53
5.4	Model agregovaného udržitelného rozvoje obcí	54
5.5	Dílčí závěr.....	56
6.	Analýza výsledků	57
6.1	Analýza výstupů jednotlivých IHFIS	57
6.2	Analýza výstupu agregovaného modelu udržitelného rozvoje.....	59
6.3	Dílčí závěr.....	62
	Seznam zkratk a symbolů	64
	Seznam obrázků.....	65
	Seznam tabulek.....	66
	Seznam příloh.....	66
	Použitá literatura.....	67

Úvod

Problematikou udržitelného rozvoje se odborníci zabývají již řadu let, ale až v posledních letech se této oblasti začíná přisuzovat větší význam, a to nejen na mezinárodní úrovni, ale i na úrovni krajů, měst a obcí. Je to způsobeno mnohými okolnostmi. Jedním z faktorů, který upozorňuje na udržitelný rozvoj, je neustále se měnící prostředí, ve kterém obyvatelé obcí a měst žijí. Jedná se především o změnu a vývoj ekonomických, environmentálních a sociálních složek udržitelného rozvoje. Dalším důvodem proč je udržitelnému rozvoji věnována čím dál tím větší pozornost, je to, že pojem udržitelný rozvoj se rozšiřuje mezi lidi, kteří ho začínají vnímat více než kdy předtím.

V první části diplomové práce je popsána a definována problematika udržitelného rozvoje, jeho základní principy a charakteristické znaky na úrovni regionů a obcí v České republice. Dále je zde popsána historie udržitelného rozvoje, respektive vývoj chápání tohoto pojmu v čase, kdy byl utvářen především v souvislosti s mezinárodními a celosvětovými konferencemi věnovanými této problematice. V této kapitole je též věnována pozornost tomu, jak se s koncepcí udržitelného rozvoje ztotožňují mezinárodní organizace. Jedna z podkapitol je věnována pilířům udržitelného rozvoje, a to ekonomickému, environmentálnímu a sociálnímu. Také je zde část věnována návrhu indikátorů (ukazatelů) na místní úrovni udržitelného rozvoje.

Následující kapitoly se zabývají konkrétní metodou modelování udržitelného rozvoje a to teorií fuzzy logiky. Definiují se základní pojmy fuzzy logiky, fuzzy inferenčního systému – implikace, agregace, fuzzifikace a defuzzifikace. Dále jsou v této kapitole popsány fuzzy inferenční systémy a intuitionistické fuzzy inferenční systémy a jejich tři hierarchické struktury, a to struktura stromová, kaskádní a struktura, která vznikne kombinací stromové a kaskádní.

Cílem této diplomové práce je návrh modelu na klasifikaci obcí podle jejich udržitelného rozvoje. Dílčím cílem je navržení indikátorů, které jsou vhodné pro návrh modelu pomocí fuzzy inferenčních systémů a intuitionistických fuzzy inferenčních systémů. Navržený model je dále v práci verifikován v programovém prostředí MATLAB/Simulink. Výsledky modelování jsou analyzovány a popsány v závěru práce.

1. Udržitelný rozvoj

V posledních letech se pojem udržitelný rozvoj diskutuje zejména na národních i mezinárodních úrovních [1,6,20]. Principy udržitelného rozvoje jsou založeny na přesvědčení, že potřeby současné generace je nutné naplňovat takovým způsobem, aby nebyly oslabovány možnosti generací příštích. Jejich součástí je podpora života v jeho různorodosti, založená na principu demokracie, rovnosti pohlaví, solidarity, respektování právního systému a lidských práv, včetně míru a stejných příležitostí pro všechny. Udržitelný rozvoj neznamená jen ochranu životního prostředí a efektivní využívání přírodních zdrojů, nýbrž zahrnuje i aspekty ekonomického růstu a sociální soudržnosti. Převažuje názor, že principy udržitelného rozvoje by se měly promítat i do rozhodovacích procesů na všech úrovních. Jednotlivé úrovně veřejné správy a vlády států by měly spolupracovat, vzájemně se podporovat a přitom navzájem respektovat svá specifika a odlišnosti institucionálního uspořádání. Pro rozhodování na jednotlivých úrovních by mělo platit, že navrhovaná opatření jsou nejen konzistentní, ale i to, že příznivé efekty v jedné oblasti ve svém důsledku nepřeváží případné nepříznivé dopady v oblasti jiné. Opatření na zlepšení by měla být navrhována a zaváděna na základě co největší znalosti věci a měla by být nákladově úsporná. Pravidelné vyhodnocování jejich skutečných dopadů je cestou k jejich větší efektivnosti [1].

V kapitole jsou uvedeny základní pojmy z oblasti udržitelného rozvoje, indikátory udržitelného rozvoje a udržitelný rozvoj na místní úrovni.

1.1 Vymezení pojmu udržitelného rozvoje

V této části jsou uvedeny různé definice a přístupy k udržitelnému rozvoji, a to jak na úrovni místní, tak na úrovni mezinárodní.

1.1.1 Hledání udržitelného rozvoje

Myšlenka udržitelného rozvoje je výsledkem mnohaletého hledání poté, co se ukázaly jako nereálné modernistické představy o trvalém růstu založeném na zdánlivě nevyčerpatelných zdrojích přírody a na technickém pokroku spojeném s vymoženostmi průmyslové revoluce [21]. Základním tématem udržitelnosti rozvoje nastoleným již v 19. století je vztah člověka a přírody respektive lidských sídel a krajiny. Impulsem pro oživení diskuse o tomto tématu se staly zkušenosti se zhoršujícím se životním prostředím a světová energetická krize na počátku 70. let 20. století.

Odpověď na poznání o existenci hranic růstu daných vyčerpatelností a poškoditelností přírodních zdrojů hledají především ekologové – odborníci zabývající se přírodním prostředím. Na bázi zkušeností ekologie vznikl silný myšlenkový proud prosazující ochranu přírodních systémů nad dílčími zájmy ekonomického růstu a sociálního blahobytu. Tento proud se v poslední třetině 20. století vnitřně diferencoval na široké názorové spektrum od radikálních směrů tzv. hlubinné ekologie popírajících právo člověka nadřazovat cíle sebe sama jako druhu přirozenému vývoji až po směry hledající řešení v diferencované ochraně přírody a přírodních druhů jednoznačně podřízené zájmu člověka.

1.1.2 Pojem udržitelného rozvoje a jeho aspekty

Pojem udržitelný rozvoj (sustainable development) zřejmě poprvé použili v knize Meze růstu (Limits of Growth) autoři Donella a Dennis Meadowsovi a William Behrens v roce 1972, ale v textech o urbanismu a architektuře se běžně začal užívat teprve na počátku 90. let 20. století. V této době se ustálila dnes všeobecně přijímaná definice, nyní přejatá i do našeho stavebního zákona, podle níž udržitelný rozvoj uspokojuje potřeby současné generace, aniž by ohrožoval podmínky života budoucích generací. Udržitelný rozvoj území „spočívá ve vyváženém vztahu podmínek pro příznivé přírodní prostředí, pro hospodářský rozvoj a pro soudržnost společenství obyvatel území“ (§ 18 odst. 1 SZ) [21].

1.1.3 Obecná definice trvale udržitelného rozvoje

V rámci existující jak světové, tak i domácí odborné literatury[1,19,20], lze narazit na řadu definic, snažících se vystihnout podstatu trvale udržitelného rozvoje. Základní aspekt asi nejlépe vystihuje definice ze Zprávy pro Světovou komisi OSN pro životní prostředí a rozvoj (WCED) nazvané „Naše společná 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“ [10].

Tato definice akceptuje klíčový prvek teorie trvale udržitelného rozvoje, kterým je zodpovědnost existující generace za život generací budoucích, což jinak řečeno znamená, že současná generace by měla žít takovým způsobem, aby neomezovala v životě generaci budoucí. Tato omezení vznikají především z titulu čerpání omezených zdrojů. Muže se jednat o zdroje ekonomické, environmentální a také sociální [10].

Z této koncepce Zprávy pro Světovou komisi OSN pro životní prostředí a rozvoj vychází i česká legislativa. V zákoně č. 17/1992 Sb., o životním prostředí je uvedeno:

„Trvale udržitelný rozvoj je takový rozvoj, který současným i budoucím generacím zachovává možnost uspokojovat jejich základní životní potřeby a přitom nesnižuje rozmanitost přírody a zachovává přirozené funkce ekosystémů.“ [1].

Výše uvedená definice pocházející z Brundlandovy zprávy, která byla vydána v roce 1987, představuje určitý přelom. Od té doby byl opuštěn úzký pohled na problematiku trvale udržitelného rozvoje a byla postupně akceptována jeho komplexnější verze zahrnující i problematiku ekonomickou a sociální. Mezi základní milníky vedoucí k současnému pojetí je možné považovat [10]:

- Konferenci v Rio de Janeiro organizovanou Spojenými národy v roce 1992, která vyústila v přijetí tzv. Agendy 21, kterou lze chápat jako komplexní plán opatření na mezinárodní, národní i lokální úrovni, které by měli vést k trvale udržitelnému rozvoji.
- Konference na nejvyšší politické úrovni v Johannesburgu v roce 2002, jejímž výsledkem byla nejen identifikace klíčových problémů, ale i vytvoření institucí, které budou pokrok v implementaci potřebných kroků monitorovat.
- Gothemburský summit Evropské unie, kde byla formulována Strategie EU pro trvale udržitelný rozvoj.
- Lisabonský summit z roku 2000 představoval další klíčový krok v procesu tvorby dlouhodobé hospodářské strategie zohledňující jak sociální tak i environmentální aspekty. Z hlediska Evropské unie je tento summit základním kamenem pro formulaci dlouhodobých politik.
- Revize Lisabonské strategie na jaře 2005 vycházející z poznatku Kokovy zprávy, která vyústila v přijetí tzv. Integrovaných směrů hospodářské politiky. Jejím cílem je zajištění hlubší konzistentnosti mezi jednotlivými opatřeními, mimo jiné také vzhledem k cílům trvale udržitelného rozvoje.

Současný pojem trvale udržitelného rozvoje je tak chápán podstatně v širším smyslu než v minulosti a zahrnuje tři základní dimenze, které jsou v řadě případů nazývány pilíři. Jedná se o pilíř ekonomický, environmentální a sociální [10].

1.2 Chápání udržitelného rozvoje mezinárodními organizacemi

Problematika aspektu trvale udržitelného rozvoje, je intenzivně diskutována na úrovni mezinárodních organizací. V této kapitole jsou podrobně objasněny základní aspekty chápání trvale udržitelného rozvoje čtyřmi nejvýznamnějšími mezinárodními organizacemi (Světová banka, OSN, OECD a EU).

1.2.1 Světová banka

Světová banka za svůj hlavní cíl považuje podporovat takový trvale udržitelný rozvoj (dále jen TUR), který omezí chudobu a tak přispěje k naplnění Rozvojových cílů nového milénia (MDGs) do roku 2015. Podle Světové banky nemůže tento cíl naplnit jakýkoli růst – musí jít o růst, který zohledňuje jak ekologickou udržitelnost, tak sociální rozvoj. Je zapotřebí udržet růst blahobytu lidí ve spotřebě, zdraví, dovednostech a sociální rovnosti. Světová banka (SB) se ve svých diskusích o TUR zaměřuje primárně na pomoc nejchudším obyvatelům planety, tj. těm, kteří jsou nuceni žít za méně než 1 USD denně.

Celkový rámec pro udržitelný rozvoj je ve Světové bance obvykle časován k roku 2015, nicméně dlouhodobý výhled jejich strategických dokumentů je zaměřen dokonce na rok 2050. Základní cíle jsou pro Světovou banku vymezeny v MDGs – tyto cíle, úkoly a indikátory k měření jejich dosahování jsou tedy klíčové pro pochopení fungování Světové banky a tvorbu jejich programu. Oproti jiným institucím národního charakteru je činnost Světové banky výrazně orientována projektově – celý pohled na udržitelný rozvoj i na jeho jednotlivé součásti je proto chápán jako rámec pro fungování jednotlivých programů a v jejich rámci projektů. Oproti dokumentům jiných nadnárodních institucí Světová banka obvykle používá tuto terminologii:

- udržitelný rozvoj (jiné instituce: trvale udržitelný rozvoj)
- ekonomický rozvoj/ekonomická dimenze rozvoje (jiné instituce: ekonomický růst, ekonomický pilíř, konkurenceschopnost)
- sociální rozvoj/sociální dimenze rozvoje (jiné instituce: sociální pilíř)
- ekologická udržitelnost/ekologická dimenze rozvoje (jiné instituce: ekologický pilíř)

Světová banka publikovala následující schéma (tabulka č. 1), které vyjadřuje její pohled na vazby potřeb v udržitelném rozvoji [10]:

Tabulka 1: Vazby v udržitelném rozvoji. Zdroj: [10]

Ekonomické potřeby	Sociální potřeby	Ekologické potřeby
Služby	Rovnost	Biodiverzita
Potřeby domácností	Zapojení	Přírodní zdroje
Růst průmyslu	Silnější vliv chudých	Integrita ekosystému
Růst zemědělství	Sociální mobilita	Kapacita pro péči o přírodu
Efektivní využití pracovní síly	Ochrana kultury	Čistý vzduch a voda

1.2.2 OSN – organizace spojených národů

Udržitelný rozvoj, jak jej vymezila Agenda 21 a další konference (a deklarace), vychází jako u většiny jiných institucí z Brundtlandovy zprávy z roku 1987. Jde tedy o rozvoj, který uspokojuje potřeby stávající generace, aniž by omezoval možnosti budoucích generací uspokojit jejich potřeby v budoucnu. OSN za klíčové momenty udržitelného rozvoje považuje [10]:

- **vztah ekonomického růstu a rovnosti** – dnešní propojený ekonomický systém podle OSN potřebuje provázaný přístup, aby byl zajištěn odpovědný dlouhodobý růst a nebyly ponechány stranou žádné národy nebo komunity
- **vazbu mezi zachováním přírodních zdrojů a životním prostředím** – proto, aby byly zachovány zdroje surovin i pro budoucí generace, je třeba vyvinout řešení, která umožní omezit spotřebu zdrojů a zastaví znečišťování
- **sociální rozvoj** – lidé po celém světě potřebují pracovní místa, potraviny, vzdělání, energii, zdravotnictví, pitnou vodu a hygienická zařízení; při zajišťování těchto potřeb musí být současně zabezpečeno, aby bylo zachováno kulturní dědictví, kulturní a sociální diverzita a práva zaměstnanců a aby bylo všem členům společnosti umožněno ovlivňovat svoji budoucnost.

V pojetí OSN má udržitelný rozvoj tři dimenze: sociální, ekonomickou a ekologickou. Vzhledem k přijatým cílům rozvoje pro nové tisíciletí (MDGs) je jako nutná podmínka pro udržitelný rozvoj všech tří dimenzí akceptována i čtvrtá dimenze – rozvoj institucí [10]. Stejně jako jiné mezinárodní instituce, i OSN zdůrazňuje nutnost široce pojatého, integrovaného a více odvětvového přístupu k udržitelnému rozvoji. OSN patří mezi průkopníky celé koncepce udržitelného rozvoje a dnes je nejsilnějším obhájcem

trojdimenziálního systému. OSN ve spolupráci se Světovou bankou na počátku 90. let minulého století vyvinuly systém cílu, úkolu a indikátoru, které umožňují operacionalizovat celý proces udržitelného rozvoje a zároveň pomocí měřitelných kritérií k této problematice připoutat pozornost veřejnosti.

1.2.3 OECD

Stejně jako většina zemí a mezinárodních organizací i OECD (Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj, z angl. *Organisation for Economic Co-operation and Development*) během 90. let postupně opustila jednodimenzionální koncept TUR a v současné době je již všeobecně akceptován třídimenzionální přístup. Obecně je koncept TUR chápán jako takový vývoj, který umožní uspokojovat potřeby jak současné tak i budoucí generace, přičemž je nutné zajistit vyvážené plnění cílů v environmentální, sociální i ekonomické oblasti [13]. Většina dokumentu OECD se však zaměřuje pouze na environmentální problémy, přičemž sociální oblast je akcentována spíše v rovině pomoci rozvojovým zemím než v rovině chudoby v členských zemích [10].

V rámci tvorby strategií trvale udržitelného rozvoje [14] upozorňuje na následující determinanty současného a budoucího vývoje zemí v členských zemích:

- ekonomický růst byl v posledních letech stabilní a udržitelný,
- mezinárodní obchod a přímé zahraniční investice rostou,
- populace roste velmi pomalu a stárne,
- pokračuje růst očekávané doby dožití,
- úroveň vzdělanosti roste,
- míra chudoby v některých zemích roste, v jiných klesá.

V současné době OECD již běžně používá třídimenzionální přístup k TUR. Ve své terminologii však nepoužítá pojem sociální pilíř, ale sociální trvalá udržitelnost [10].

1.2.4 Evropská unie

Základní koncept chápání trvale udržitelného rozvoje na úrovni EU vychází z Brundtlandovy zprávy [3]. Obecně se tak jedná o zajištění maximální kvality života generace současné i budoucí. Ač je tato definice poměrně jednoznačná, upozorňuje EU především na přílišnou obecnost pojmu „potřeba“. EU se však nesnaží tento pojem přesně definovat, ale uvádí dvě základní myšlenky, které jsou pro chápání TUR na úrovni EU klíčové [10]:

- Vývoj má tři dimenze: ekonomickou, sociální a environmentální. Trvale udržitelným se stává pouze tehdy, pokud je zajištěna rovnováha mezi všemi faktory, které přispívají ke kvalitě života.
- Současná generace má povinnost zanechat generaci budoucí takovou úroveň ekonomických, sociálních a environmentálních zdrojů, aby ta byla schopna žít minimálně v takové úrovni blahobytu jako generace současná.

Jak bylo uvedeno, strategie udržitelného rozvoje EU vychází a navazuje na cíle z roku 2001. Je reakcí na nadále přetrvávající neudržitelné trendy, zejména v případě změn klimatu a spotřeby energie. Rovněž se dosud nepodařilo zvrátit některé negativní jevy, jako např. hrozby pro veřejné zdraví, důsledky chudoby a sociálního vyloučení, stárnutí populace a ztrát biodiverzity. Základní cíle obsažené v první strategii, tak platí i nadále. Pro překonání výše uvedených negativních tendencí vytyčuje druhá strategie sedm klíčových oblastí [1]:

- **Změna klimatu a čistá energie.** Cílem je minimalizovat změnu klimatu, náklady, které vyvolává, a její negativní efekty na společnost a životní prostředí. Týká se především energetické a dopravní politiky a hlavními směry jsou zvyšování podílu energie vyrobené z obnovitelných zdrojů a podílu zelených paliv.
- **Udržitelná doprava.** Strategie se zaměřuje na to, aby dopravní systémy vyhovovaly ekonomickým a sociálním potřebám společnosti a přitom minimálně zatěžovaly jak společnost a ekonomiku, tak i životní prostředí. Cílem je oddělit ekonomický růst od růstu dopravy, snížit nepříznivé dopady ekonomického růstu a dopravy na životní prostředí a omezit emise skleníkových plynů při dopravě na úroveň, která minimalizuje škody pro zdraví obyvatel.
- **Udržitelná spotřeba a výroba.** Jde především o podporu udržitelných spotřebních zvyklostí a výrobních metod. Dále je cílem zmírnit závislost ekonomického růstu na poškozování životního prostředí a zvyšovat podíl technologií šetrných k životnímu prostředí a podíl ekologických inovací. Patří sem i podpora ekologického zemědělství a mezinárodního obchodu založeného na spravedlivém přístupu, resp. na nediskriminaci výrobců.
- **Šetrné nakládání s přírodními zdroji.** Zaměřuje se na zlepšení postupů při nakládání s přírodními zdroji a na ochranu před jejich nadměrným využíváním. Tento cíl se týká především lovu ryb, biodiverzity, vody, půdy, vzduchu a atmosféry.

- **Veřejné zdraví.** Smyslem je podporovat veřejné zdravotnictví založené na rovných podmínkách pro všechny a na lepší ochraně před možnými zdravotními ohroženími. S tím souvisí i přiměřená prevence zdraví, zlepšení legislativy týkající se zdravotní nezávadnosti potravin, boj proti vzestupu výskytu chronických onemocnění a nemocí v důsledku špatného životního stylu, zvláště u sociálně slabých skupin obyvatelstva.
- **Sociální začlenění, demografie a migrace.** Opatření by se měla zaměřit na sociální začlenění jedinců do společnosti. Základním nástrojem je podpora solidarity mezi generacemi a v rámci generací, úsilí o vyšší kvalitu života občanů, která je základní podmínkou pro blahobyt jednotlivce. Dále sem patří modernizace sociální ochrany vzhledem k demografickým změnám, zvyšování zaměstnanosti žen a pracovníků vyšších věkových kategorií, integrace imigrantů a jejich rodin do společnosti a snižování negativních dopadů globalizace na pracovníky a jejich rodiny.
- **Globální chudoba a výzvy udržitelného rozvoje.** Cílem je aktivně podporovat udržitelný rozvoj v celosvětovém měřítku a zajistit, aby vnitřní a vnější politika EU byla v souladu s globálním udržitelným rozvojem a s jejími mezinárodními závazky.

1.3 Pilíře udržitelného rozvoje

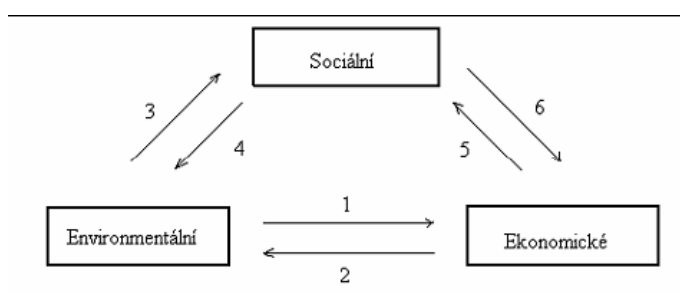
Z definice udržitelného rozvoje se odvozují tři pilíře udržitelnosti – ekologický/environmentální, sociální a ekonomický. Tyto tři pilíře by měly být ve vzájemné rovnováze, ale často se dostávají do rozporu (např. ochrana přírody versus výstavba dálnice apod.), viz obr. č. 1.

- **Environmentální pilíř** je zaměřen na oblast ochrany životního prostředí resp. jeho zlepšování a zabránění vyčerpání omezených přírodních zdrojů. Spolu s opatřeními implementovanými v rámci ekonomického pilíře by mělo docházet k motivování ekonomických subjektů zavádět ekologicky šetrné technologie. Kvalitní životní prostředí má potom silné dopady na kvalitu života populace, což již zasahuje do oblasti sociální [10].
- **Sociální pilíř** je oproti ostatním pilířům více zaměřen na přítomnost a jeho vazba na generace budoucí je znatelná pouze v případě problematiky stárnutí populace a z toho plynoucího přesunu břemene důchodového systému na tuto generaci. Opatření sociálního pilíře by měla sledovat především zajištění kvalitního života z hlediska absence hmotné nouze. V některých případech je do problematiky zajištění

kvalitního života přidávána i otázka uspokojování kulturních potřeb. Obecně jsou v rámci sociálního pilíře akceptovány tři oblasti [10]:

- zamezení sociálnímu vyloučení, což souvisí s otázkou chudoby a nezaměstnanosti,
- zajištění kvalitního bydlení,
- zabezpečení ve stáří (což lze v jistém úhlu pohledu chápat jako zamezení sociálnímu vyloučení starých občanů).

- **Ekonomický pilíř** je soustředěn především na posilování konkurenceschopnosti ekonomiky za předpokladu respektování limitu existujících environmentálních zdrojů. Ekonomická stránka udržitelnosti je úzce propojena se stránkou sociální. Hlavní proud ekonomické vědy a zejména ekonomická praxe se zatím zabývá především otázkou ekonomického růstu a hledá cesty, jak tohoto růstu pokud možno trvale dosahovat. Právě v oblasti ekonomiky je tedy nejčastěji rozvoj více méně automaticky ztotožňován s růstem. Většina běžně užívaných ekonomických ukazatelů odpovídá růstové orientaci hlavního proudu ekonomické vědy a neuvažuje náklady, ztráty a poškozování přírodních zdrojů. Například nejčastěji v praxi používaný a vykazovaný makroekonomický ukazatel hrubého národního či regionálního produktu, užívaný pro vyčíslení ekonomické prosperity, zahrnuje bez rozlišení činnosti přispívající k blahobytu i činnosti, jejichž důsledky jednoznačně zhoršují kvalitu života i prostředí (například zbrojní výroba, ekologicky škodlivé zemědělské hospodaření, devastace území povrchovou těžbou). Navíc se některé prokazatelně ekonomicky i sociálně produktivní a pozitivní činnosti do hrubého národního či regionálního produktu nezapočítávají – například svépomoc v komunitě [10,21].



Obrázek 1: Interakce mezi třemi pilíři udržitelného rozvoje – pohled OECD. Zdroj: [10]

Klíčové vztahy mezi jednotlivými pilíři v obr. č. 1 [10]:

- 1 Produkční funkce přírodních zdrojů; náklady na ochranu životního prostředí.
- 2 Tlak na environmentální zdroje z produkčních aktivit; investice na ochranu životního prostředí; vlastnická práva k přírodním zdrojům.
- 3 Význam přírodních faktorů pro lidský blahobyt; zdravotní a bezpečnostní rizika plynoucí z poškozování životního prostředí.
- 4 Tlak na životní prostředí z titulu spotřebních vzorců chování; uvědomování si významu životního prostředí.
- 5 Objem a kvalita pracovní síly; význam sociálního ujednání pro tržní transakce.
- 6 Možnosti zaměstnání a životní standard; distribuce příjmů, zdroje na financování systému sociálního zabezpečení; tlak na sociální a kulturní systém; náběh na zrušení společnosti.

Z výše uvedeného tedy vyplývá, že současné chápání TUR s sebou nese tři tématické oblasti a dvě roviny časové (ekonomický, environmentální a sociální pilíř – současná a budoucí generace) [10].

1.4 Udržitelný rozvoj na regionální a místní úrovni

V souvislosti s rozvojem obcí a kvalitou života jejich obyvatel se dnes v České republice, ale i v mnoha dalších zemích, hovoří o udržitelném rozvoji na místní úrovni. Vize byla v roce 1992 rozpracována Organizací spojených národů do podoby globální strategie nazvané Agenda 21 (resp. místní Agenda 21). K cílům Agendy 21 a dalších dokumentů se následně připojily prakticky všechny státy světa a udržitelný rozvoj se stal běžnou součástí slovníku politiků, úředníků i odborníků v souvisejících oblastech [20].

V roce 2000 byl v souvislosti s novým územním uspořádáním vytvořen v každém kraji v ČR Návrh programu rozvoje kraje, který navázal na Strategii rozvoje kraje z roku 1999. Program rozvoje kraje vznikl ve většině krajů až v roce 2001. Za určitý zlom lze považovat rok 2005, kdy vznikly modelové Strategie udržitelného rozvoje (SUR) dvou krajů (Libereckého a Ústeckého) jako výstup projektu „Podpora při přípravě strategie udržitelného rozvoje ve vybraných krajích České republiky“. Hlavním rozdílem oproti předchozím strategickým materiálům na krajské úrovni je, že v SUR je kladen důraz na delší časový horizont (2006 – 2020). Pro sledování a pravidelné vyhodnocování toho, jak kraj svou strategii naplňuje, navrhli autoři strategie soubor indikátorů. Ne všechny vybrané indikátory pro modelová území jsou však dostupné ve všech krajích. Kromě toho jiné strategické cíle

potřebují jiné indikátory. Proto nelze soubor indikátorů použitý v pilotních strategiích považovat za dogma [1].

1.5 Indikátory udržitelného rozvoje na místní úrovni

Jde o ukazatele vývoje určitého vybraného jevu získané průběžným sledováním, zaznamenáváním a vyhodnocováním souboru přesně stanovených údajů. Správně zvolený indikátor místního udržitelného rozvoje v sobě mimo jiné odráží hlediska sociální spravedlnosti, zájmy místní ekonomiky a ochrany životního prostředí, ale zároveň také snahu o posílení role místní samosprávy nebo zabezpečování místních potřeb na místní 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 vede ve srovnání s jinými a usnadňuje poznání jejích silných a slabých stránek [20].

Obyvatelé města nebo obcí získávají průběžné informace o vývoji vybraných klíčových jevů v ekonomické, sociální a environmentální oblasti. Mohou sledovat důsledky rozhodování v místní politice (nebo rozhodnutí činěných místními politiky) a argumentovat ve prospěch svých oprávněných zájmů. Zastupitelé získávají zpětnou vazbu ke své místní politice. Řada indikátorů vyhodnocuje subjektivně vyjádřenou spokojenost obyvatel s vývojem ve vybrané oblasti.

Srovnání je možné uplatňovat především ve skupinách měst obdobné velikosti, proto je velkou výhodou sady ECI (European Common Indicators), že stanovuje standard pro sledování udržitelnosti v rámci celé Evropy s velkým počtem zapojených měst (více než 160). Za důležitější než srovnání je považováno opakované sledování stejných indikátorů v rámci zapojených měst, které umožní odhalit vznikající pozitivní či naopak negativní trendy [20].

Pro indikátory pro malé obce a města byla stanovena kriteria, tak aby byla využitelná v současné praxi. Jedná se o následující podmínky [6]:

- Snadná zjistitelnost či měřitelnost vstupních dat.
- Finanční nenáročnost.
- Reprezentace všech oblastí rozvoje.
- Srozumitelnost pro představitele i občany obce.
- Srovnatelnost v čase – popis trendů.
- Srovnatelnost na místní a regionální úrovni – plošná využitelnost.
- Snadná modifikovatelnost podle aktuálních potřeb.

V České republice byla pro uplatnění koncepce sledování místní udržitelnosti pomocí indikátorů vytvořena v roce 2002 Týmová iniciativa pro místní udržitelný rozvoj (ve zkratce TIMUR), jejímž posláním je „*podpora udržitelného rozvoje měst, obcí a jejich sdružení v ČR a zavádění místních indikátorů udržitelného rozvoje*“. Iniciativa TIMUR vznikla jako volné sdružení nestátních neziskových organizací a partnerských měst. Iniciativa vychází z evropské kampaně „Sustainable Cities“ (Udržitelná města), z projektu Evropské komise „*European Common Indicators*“ (ECI), úspěšných procesů zavádění místních indikátorů v zahraničí a z procesů místního plánování a rozhodování za účasti občanů v ČR (místní Agendy 21) [20].

1.6 Dílčí závěr

Cílem této kapitoly bylo definování problému týkajícího se udržitelného rozvoje. Byly popsány základní definice udržitelného rozvoje, a jak se k této problematice staví světové organizace. Jelikož se dále zpracovávají data týkající Pardubicka, byla do této kapitoly zahrnuta problematika udržitelného rozvoje na místní a regionální úrovni. Dále byl popsán vývoj udržitelného rozvoje a organizace, které se podílí na udržitelném rozvoji nejen na místní úrovni. Druhá část kapitoly je věnována dělení udržitelného rozvoje na jeho pilíře a popsána problematika indikátorů na místní úrovni.

2. Použitá metoda na modelování udržitelného rozvoje

Tato kapitola se zabývá konkrétní metodou modelování udržitelného rozvoje obcí, a to teorií fuzzy logických inferenčních systémů. Jsou zde popsány jednotlivé struktury fuzzy inferenčních systémů.

2.1 Fuzzy logika

Fuzzy logika je speciální vícehodnotová logika, jejímž cílem je poskytnout prostředky pro modelování neurčitosti. Proto jsou zavedeny základní pojmy fuzzy logiky, a to fuzzy množiny, jazyková proměnná, fuzzy výroky, atd. Pomocí těchto pojmů je možné definovat základní typy fuzzy inferenčních systémů.

Funkce příslušnosti μ_A fuzzy množiny A je funkce

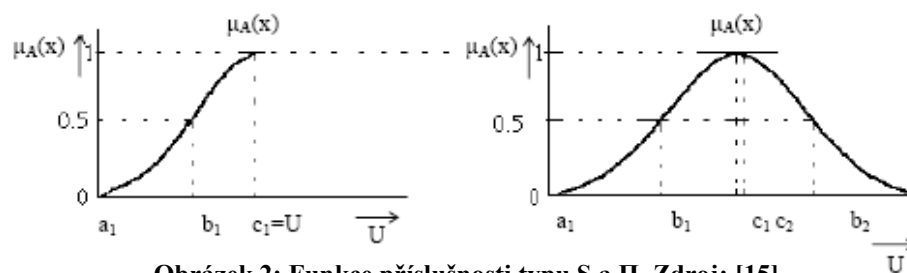
$$\mu_A : U \rightarrow [0,1], \text{ kde } U \text{ je univerzum.} \quad (1)$$

Každý prvek $x \in U$ má stupeň příslušnosti $\mu_A(x) \in (0,1)$. Tvar funkce příslušnosti může být různý. Například, funkce příslušnosti typu S a π jsou uvedeny na obr. č. 2 a trojúhelníková a lichoběžníková funkce příslušnosti jsou uvedeny na obr. č. 3, kde parametry a, b, c, d jsou funkce příslušnosti. Určení funkcí příslušnosti je možné expertně (dotazováním expertů) nebo automaticky z dat [12, 15].

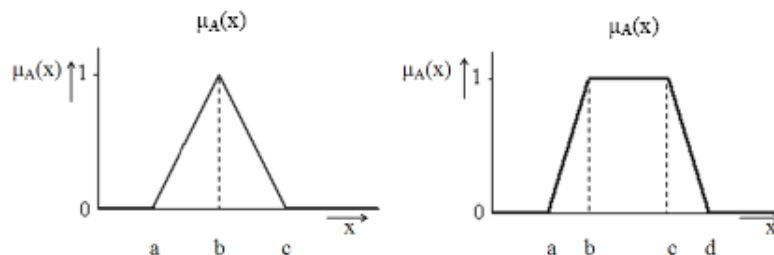
Fuzzy množina A je jednoznačně určena prvkem $x \in U$ a jemu odpovídající hodnotou funkce příslušnosti $\mu_A(x)$, tj. množinou dvojic $(x, \mu_A(x))$ takto [12]:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) / x \in U\} \quad (2)$$

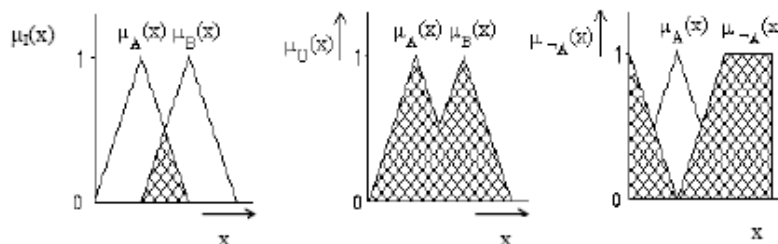
Dále jsou uvedeny základní operace s fuzzy množinami. Necht' A, B, C jsou fuzzy množiny a O je prázdná množina. Potom lze definovat funkce příslušnosti $\mu_I(x), \mu_U(x), \mu_{\neg A}(x)$ znázorněné na obr. č. 4.



Obrázek 2: Funkce příslušnosti typu S a II. Zdroj: [15]



Obrázek 3: Trojúhelníková a lichoběžníková funkce příslušnosti. Zdroj: [15]



Obrázek 4: Funkce příslušnosti $\mu_I(x)$, $\mu_U(x)$, $\mu_{\neg A}(x)$. Zdroj: [15]

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

$$\mu_I(x) = \text{MIN}\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}, \quad (3)$$

funkci příslušnosti $\mu_U(x)$ sjednocení $U=A \cup B$ ve tvaru

$$\mu_U(x) = \text{MAX}\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}, \quad (4)$$

a funkci příslušnosti $\mu_{\neg A}(x)$ doplňku $\neg A=1-A$ ve tvaru

$$\mu_{\neg A}(x) = 1 - \mu_A(x). \quad (5)$$

Třída funkcí, která vyhovuje $\mu_I(x)$ se nazývá trojúhelníková norma (t-norma) [15]. Může být vyjádřena následujícím způsobem:

$$I = A \cap B \Leftrightarrow \forall x \in X: \mu_I(x) = \mu_A(x) \text{ t } \mu_B(x) \leq \text{MIN}\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}. \quad (6)$$

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

$$U = A \cup B \Leftrightarrow \forall x \in X: \mu_U(x) = \text{MAX}\{\mu_A(x), \mu_B(x)\} \leq \mu_A(x) \text{ s } \mu_B(x). \quad (7)$$

Funkce příslušnosti $\mu_I(x)$, $\mu_U(x)$ a $\mu_{\neg A}(x)$ definované pomocí operací konjunkce, disjunkce a negace nad fuzzy množinami jsou používané nejčastěji. Operací, které mohou reprezentovat průnik fuzzy množin (t-norma) a sjednocení fuzzy množin (s-norma), je celá řada [11].

Fuzzy množiny jsou vhodným nástrojem pro interpretaci významu slov. Základním prvkem přibližného usuzování je jazyková (lingvistická) proměnná (JP). Reprezentuje znalost a její hodnoty jsou slova přirozeného jazyka. Hodnoty jazykové proměnné se obecně nazývají jazykové výrazy. Podle [12] je jazyková proměnná definovaná jako šestice

$$JP = \langle X, T(X), G, M, P, SP \rangle, \quad (8)$$

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

Pojem JP je vhodný zejména při popisu rozměrů či velikostí. V této souvislosti je důležité uvést pojem fuzzy výrok [12]. Nejjednodušší fuzzy výrok se nazývá atomický. Je definován pomocí funkce příslušnosti μ_A , která je definována na univerzu U. Hodnota funkce příslušnosti $\mu_A(x)$, potom určuje stupeň, s jakým ostrá hodnota proměnné x patří do fuzzy množiny A. Atomické fuzzy výroky mohou být spojeny spojkami AND, OR, NOT a vytvářejí tak složené fuzzy výroky. Potom, výroková fuzzy logika (VFL) je algebraický systém:

$$VFL = \langle [0,1], \neg, \wedge, \vee \rangle, \quad (9)$$

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

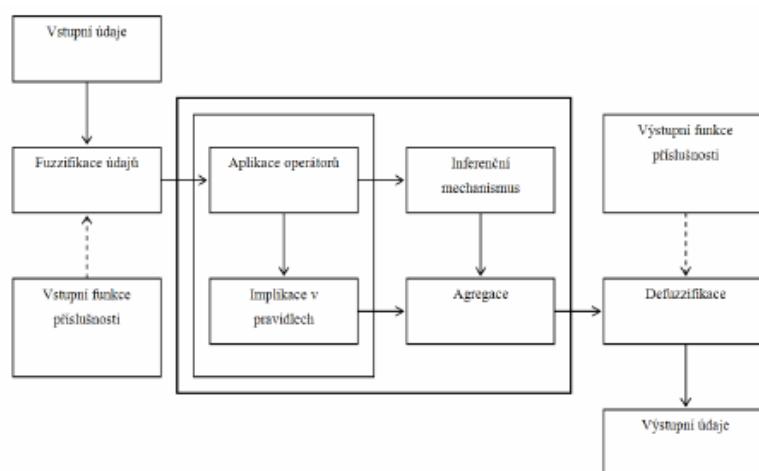
Fuzzy výrok typu IF-THEN se nazývá fuzzy implikace (podmíněné pravidlo) a je symbolicky vyjádřen takto [12, 15]:

$$\text{IF (fuzzy výrok) THEN (fuzzy výrok),} \quad (10)$$

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

2.2 Všeobecná struktura Fuzzy inferenčních systémů

Všeobecná struktura fuzzy inferenčního systému znázorněná na obr. č. 5 obsahuje proces fuzzifikace vstupních proměnných pomocí funkcí příslušnosti, návrh báze podmíněných pravidel nebo automatickou extrakci podmíněných pravidel ze vstupních údajů, aplikaci operátorů (AND, OR, NOT) v podmíněných pravidlech, implikaci, agregaci v rámci těchto pravidel a proces defuzzifikace získaných vstupů na ostré hodnoty.



Obrázek 5: Všeobecná struktura fuzzy inferenčního systému. Zdroj: [15]

Na základě všeobecné struktury FIS lze navrhnout dva základní typy FIS, a to typ Mamdani a typ Takagi-Sugeno. Tyto typy FIS se liší ve způsobu určení výstupů. Různá

formulace výstupů způsobuje odlišnou konstrukci podmíněných pravidel, tzv. IF-THEN pravidel. Fuzzifikace vstupních proměnných a aplikace operátorů v podmíněných pravidlech jsou ve všech typech FIS stejné.

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

$$\text{IF } x_1 \text{ is } A_1^{(i)} \text{ AND } x_2 \text{ is } A_2^{(i)} \text{ AND } \dots \text{ AND } x_n \text{ is } A_{p_j}^{(i)} \text{ THEN } y \text{ is } B, \quad (11)$$

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

- $A_1^{(i)}, A_2^{(i)}, \dots, A_{p_j}^{(i)}$ reprezentují hodnoty jazykové proměnné, které odpovídají funkcím příslušnosti $\mu_{(1)}^{(i)}(x), \mu_{(2)}^{(i)}(x), \dots, \mu_{p_j}^{(i)}(x), \dots, \mu_{(m)}^{(i)}(x)$,

- B reprezentuje hodnoty jazykové proměnné, která odpovídá funkcím příslušnosti $\mu_1(y), \mu_2(y), \dots, \mu_{p_k}(y), \dots, \mu_o(y)$, $k=1, 2, \dots, o$ [15].

Modifikací FIS typu Mamdani je FIS typu Takagi-Sugeno. Výstupem FIS Takagi-Sugeno je ostré číslo, které je získané jako hodnota lineární kombinace hodnot vstupních proměnných. Podmíněné pravidlo ve FIS typu Takagi-Sugeno lze zapsat takto:

$$\text{IF } x_1 \text{ is } A_1^{(i)} \text{ AND } x_2 \text{ is } A_2^{(i)} \text{ AND } \dots \text{ AND } x_n \text{ is } A_{p_j}^{(i)} \text{ THEN } y = h, \quad (12)$$

kde: - h je konstanta.

Fuzzy inferenční systém, složený z podmíněných pravidel se označuje jako FIS typu Takagi-Sugeno nultého řádu. Jestliže má podmíněné pravidlo ve FIS typu Takagi-Sugeno tvar:

$$\text{IF } x_1 \text{ is } A_1^{(i)} \text{ AND } x_2 \text{ is } A_2^{(i)} \text{ AND... AND } x_n \text{ is } A_{pj}^{(i)} \text{ THEN } y = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (13)$$

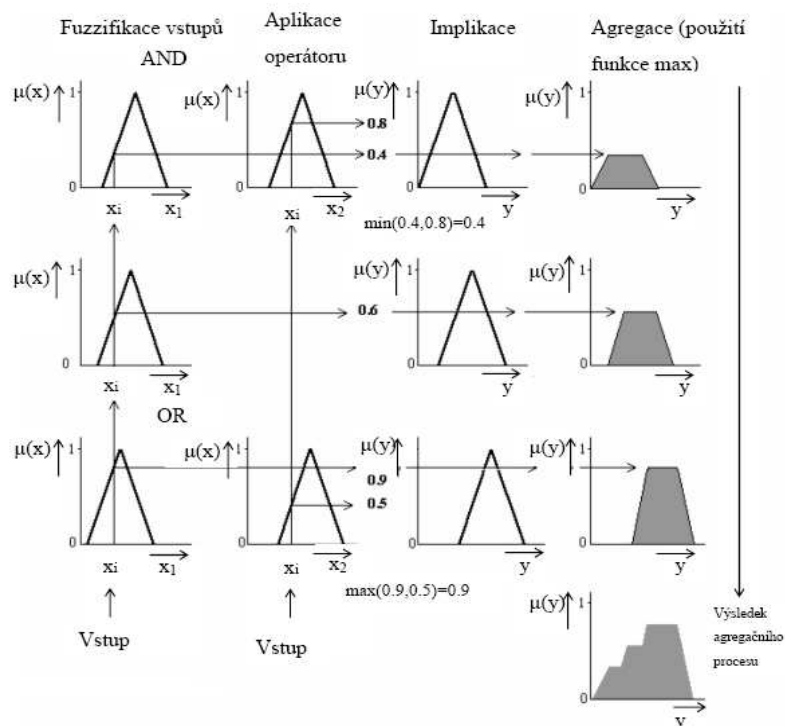
kde: - $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ je lineární funkce, pak se tento FIS označuje jako FIS typu Takagi-Sugeno prvního řádu. Jestliže je $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ polynomická funkce, jedná se o FIS typu Takagi-Sugeno druhého řádu [15].

2.3 Implikace a agregace

Vstupem do implikačního procesu je hodnota z intervalu (0,1) a výstupem je modifikovaná fuzzy množina. Implikační proces se uskutečňuje pro každé podmíněné pravidlo z báze podmíněných pravidel. Nejčastějšími způsoby modifikace výstupní fuzzy množiny jsou zkrácení, které používá MIN funkci a škálování, které používá PROD funkci.

Vzhledem k tomu, že fuzzy inferenční systém obvykle vyžaduje více podmíněných pravidel, je potřeba uskutečnit proces agregace. Agregací proces fuzzy inferenčních systémů typu Mamdani je znázorněný na obr. č. 6.

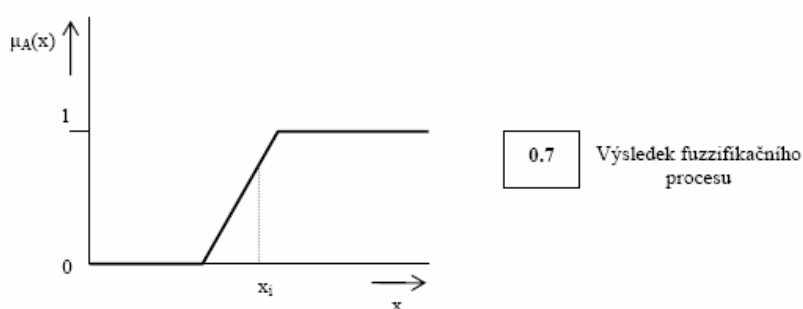
Agregace je transformace výstupů každého podmíněného pravidla do jedné výstupní fuzzy množiny. Tato množina je nejprve defuzzifikována, čímž je přiřazena ostrá hodnota výstupní proměnné. Agregace je realizována pro každou výstupní proměnnou. Vstupem do agregačního procesu jsou modifikované fuzzy množiny. Výstupem agregačního procesu je jedna fuzzy množina pro každou výstupní proměnnou. Mezi nejčastěji používané agregační metody patří funkce MAX, představující maximální hodnotu výstupní fuzzy množiny každého podmíněného pravidla, nebo SUM představující součet výstupních fuzzy množin jednotlivých podmíněných pravidel. Pomocí nich je vyprodukován fuzzifikovaný výstup, který je potřeba transformovat zpět na ostrou hodnotu. Vstupem do defuzzifikačního procesu je agregovaná fuzzy množina. Výstupem je ostré číslo [15].



Obrázek 6: Agregační proces. Zdroj: [15]

2.4 Fuzzifikace a defuzzifikace

Transformace z ostré (crisp) oblasti do oblasti fuzzy množin se nazývá fuzzifikace. Výstupem fuzzifikačního procesu je stupeň příslušnosti (hodnota z intervalu (0,1)), který je přiřazen každé hodnotě $x \in X$ pomocí funkce příslušnosti. Proces fuzzifikace je zobrazen na následujícím obr. č. 7 [11].



Obrázek 7: Fuzzifikace dat pomocí funkce příslušnosti. Zdroj: [11]

Defuzzifikace je operace, která transformuje fuzzy množinu na konkrétní (crisp) číslo. Nechť C je výstupní fuzzy množina, která prošla agregačním procesem a nechť defuzzifikovaná hodnota výstupu je $y(C)$. Potom defuzzifikační proces možno zapsat ve tvaru:

$$D: [0,1] \rightarrow y_0(C). \quad (14)$$

Nejpoužívanější defuzifikační metodou je metoda Center of Gravity (COG). Pomocí ní se dá určit těžiště plochy, která se nachází pod křivkou charakterizující agregovanou fuzzy množinu následujícím způsobem [15]:

$$y_0(C) = \frac{\sum_{j=1}^p y_j \times \mu_c(y_j)}{\sum_{j=1}^p \mu_c(y_j)} \quad (15)$$

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

Metoda maximální hodnoty (Max Criterion Method – MAX) je jednou z nejjednodušších defuzifikačních metod. Vychází z předpokladu, že defuzifikovaná hodnota $y_0(C)$ se určí na základě maximálního bodu výstupní fuzzy množiny C . Jelikož fuzzy množina má často několik maximálních hodnot funkce příslušnosti, je z těchto hodnot sestavena fuzzy množina C_{max} , která se považuje za množinu optimálních rozhodnutí. Závěrečné rozhodnutí se přijme na základě náhodného výběru prvku z množiny C_{max} , ovšem za předpokladu, že všechny ostatní prvky množiny C_{max} jsou stejně vhodné [12, 15].

Další metodou je metoda středního maxima (Mean of Maxima Method – MOM). Ta počítá střední hodnotu množiny C_{max} . Ostrá hodnota výstupu se získá tímto způsobem [15]:

$$y_0(C) = \frac{1}{N} \sum_{y_j \in C_{max}} y_j \quad (16)$$

kde: - y_j je hodnota z referenční množiny Y , která odpovídá maximálním hodnotám funkce příslušnosti z množiny C_{max} ,
- N je počet y_j .

2.5 Intuitionistické fuzzy množiny

Koncepce množin IFS (Intuitionistic Fuzzy Sets) je zobecněním koncepce fuzzy množin. Teorie množin IFS se výborně hodí k popisu vágních jevů. Poslední dobou jsou IFS používány k intuitionistické klasifikaci modelů, které mohou zahrnovat nepřesné informace. Profesor L. A. Zadeh definuje fuzzy relace. E. Sanchez použil jako odvozovací mechanismus Zadehovo max-min kompoziční pravidlo [17].

Nechť X je neprázdná pevná množina. IFS množina A v X je objekt, který má tvar:

$$A = \{ \langle x, \mu_A(x), \nu_A(x) \rangle \mid x \in X \}, \quad (17)$$

kde funkce $\mu_A: X \rightarrow [0,1]$ definuje míru příslušnosti a funkce $\nu_A: X \rightarrow [0,1]$ míru nepřislušnosti prvku $x \in X$ k množině A , která je podmnožinou X a $A \subset X$; a navíc pro každý prvek $x \in X$ musí platit:

$$0 \leq \mu_A(x) + \nu_A(x) \leq 1, \quad \forall x \in X. \quad (18)$$

Hodnota $\pi_A(x) = 1 - (\mu_A(x) + \nu_A(x))$ se označuje jako díl nejistoty, který může přispívat buď k hodnotě příslušnosti, nebo k hodnotě nepřislušnosti, nebo k oběma. Pro každou podmnožinu IFS množiny X je hodnota $\pi_A(x) = 1 - (\mu_A(x) + \nu_A(x))$ nazývána intuitionistickým indexem prvku x v množině A . Jde vlastně o stupeň nejistoty o příslušnosti prvku x k množině A . Potom platí $0 \leq \pi_A(x) \leq 1$ pro každé $x \in X$ [17].

Nechť A a B jsou dvě podmnožiny IFS množiny X , pak platí:

$$\begin{aligned} A \cap B &= \{ \langle x, \min(\mu_A(x), \mu_B(x)), \max(\nu_A(x), \nu_B(x)) \rangle \mid x \in X \}, \\ A \cup B &= \{ \langle x, \max(\mu_A(x), \mu_B(x)), \min(\nu_A(x), \nu_B(x)) \rangle \mid x \in X \}, \\ A \subset B &\text{ tehdy a jen tehdy, když } \forall x \in X, (\mu_A(x) \leq \mu_B(x) \text{ a } (\nu_A(x) \geq \nu_B(x))), \\ A \supset B &\text{ tehdy a jen tehdy, když } B \subset A, \\ A = B &\text{ tehdy a jen tehdy, když } \forall x \in X, (\mu_A(x) = \mu_B(x) \text{ a } \nu_A(x) = \nu_B(x)), \\ \bar{A} &= \{ \langle x, \nu_A(x), \mu_A(x) \rangle \mid x \in X \}. \end{aligned} \quad (19)$$

Necht' X a Y jsou dvě množiny. Pak množina IFR R z X do Y (označovaná jako $R (X \rightarrow Y)$) je podmnožinou IFS součinu $(X \times Y)$, charakterizovanou funkcemi příslušnosti $\mu_R(x)$ a nepříslušnosti $\nu_R(x)$. Pokud je A IFS podmnožinou X , pak max-min-max kompozice množiny IFR $R (X \rightarrow Y)$ s A bude množina IFS B z Y ($B = R \circ A$) a je definována funkcí příslušnosti:

$$\mu_{R \circ A}(y) = \bigvee_x [\mu_A(x) \wedge \mu_R(x, y)], \quad (20)$$

a funkcí nepříslušnosti:

$$\nu_{R \circ A}(y) = \bigwedge_x [\nu_A(x) \vee \nu_R(x, y)], \quad \forall y \in Y, \text{ kde } \bigvee = \max, \bigwedge = \min. \quad (21)$$

Necht' $Q (X \rightarrow Y)$ a $R (Y \rightarrow Z)$ jsou dvě množiny IFR. Pak max-min-max kompozice $T = R \circ Q$ je množina IFR z $T (X \rightarrow Z)$, definovaná funkcí příslušnosti:

$$\mu_{R \circ Q}(x, z) = \bigvee_y [\mu_Q(x, y) \wedge \mu_R(y, z)], \quad (22)$$

a funkcí nepříslušnosti:

$$\nu_{R \circ Q}(x, z) = \bigwedge_y [\nu_Q(x, y) \vee \nu_R(y, z)], \quad \forall (x, z) \in (X \times Z) \text{ a } \forall y \in Y. \quad (23)$$

Pokud $Q (X \rightarrow Y)$ a $R (Y \rightarrow Z)$ jsou dvě podmnožiny IFR součinu $(X \times Y)$, resp. $(Y \times Z)$, pak platí: $(R^{-1})^{-1} = R$ a $(Q \circ R)^{-1} = R^{-1} \circ Q^{-1}$ [17].

2.6 Dílčí závěr

Kapitola je věnována metodě modelování udržitelného rozvoje, která je v práci použita. Je zde popsána teorie fuzzy logiky, návrh funkcí příslušnosti a teorie fuzzy inferenčních systémů. Popsány jsou dále jednotlivé části všeobecné struktury fuzzy inferenčních systémů, a to implikace, agregace, fuzzifikace a defuzzifikace. V závěru kapitoly je uvedena teorie intuitionistických fuzzy množin.

3. Hierarchická struktura intuitionistického fuzzy inferenčního systému

Ve FIS typu Mamdani, který byl definován v kapitole 2.2 je problém vysokého počtu podmíněných pravidel. Jeden ze způsobů, jak snížit počet podmíněných pravidel N , je navrhnout FIS (resp. IFIS) s hierarchickou strukturou (dále jen HFIS, resp. IHFIS). Redukce počtu podmíněných pravidel vede ke snížení výpočetní náročnosti FIS (IFIS). Fuzzy inferenční systém se tak stává rychlejší a efektivnější. Základními typy HFIS (IHFIS) jsou kaskádní a stromová. Na základě těchto dvou typů je možno navrhnout další různé (hybridní) struktury HFIS (IHFIS), vhodné na modelování. Cílem návrhu HFIS (IHFIS) je dosažení efektivnosti a interpretovatelnosti. Fuzzy inferenční systém je dobře interpretovatelný, pokud splňuje tyto podmínky [8]:

- má malý počet podmíněných pravidel,
- pro jednotlivé proměnné má malý počet funkcí příslušnosti,
- podmíněným pravidlům nejsou přiřazeny váhy, resp. jsou rovny 1,
- shodné jazykové výrazy jsou reprezentovány shodnými funkcemi příslušnosti.

Nechť je definován základní IFIS dle [4, 16]. Pak, lze definovat výstup y_η jako

$$y_\eta = (1 - \pi_A(x)) \times y_\mu + \pi_A(x) \times y_\nu, \quad (24)$$

kde: - y_μ je výstup z FIS s funkcí příslušnosti $\mu_A(x)$,
- y_ν je výstup z FIS s funkcí nepříslušnosti $\nu_A(x)$.

3.1 Stromová struktura IHFIS

Hierarchickou strukturu IHFIS lze formálně vyjádřit pomocí podmíněných pravidel $R^{h_{1,1}}, R^{h_{2,1}}, \dots, R^{h_{q,1}}$ a výstupů $y_\eta^{1,1}, y_\eta^{2,1}, \dots, y_\eta^{q,1}$ jednotlivých subsystémů $FIS_\eta^{1,1}, FIS_\eta^{2,1}, \dots, FIS_\eta^{q,1}$. Podmíněná pravidla $R^{h_{1,1}}, R^{h_{2,1}}, \dots, R^{h_{q,1}}$ stromové struktury IHFIS lze vyjádřit následujícím způsobem [4, 16]:

$$\begin{aligned}
\text{Vrstva 1: FIS}_{\eta}^{1,1} R^{h_{1,1}} : & \text{ IF } x_1 \text{ is } A_1^{h_{1,1}} \text{ AND } x_2 \text{ is } A_2^{h_{1,1}} \text{ THEN } y_{\eta}^{1,1} \text{ is } B^{h_{1,1}} \\
& : \text{ FIS}_{\eta}^{1,2} R^{h_{1,2}} : \text{ IF } x_3 \text{ is } A_3^{h_{1,2}} \text{ AND } x_4 \text{ is } A_4^{h_{1,2}} \text{ THEN } y_{\eta}^{1,2} \text{ is } B^{h_{1,2}} \\
\text{Vrstva 2: FIS}_{\eta}^{2,1} R^{h_{2,1}} : & \text{ IF } y_{\eta}^{1,1} \text{ is } B^{h_{1,1}} \text{ AND } y_{\eta}^{1,2} \text{ is } B^{h_{1,2}} \text{ THEN } y_{\eta}^{2,1} \text{ is } B^{h_{2,1}} , \\
& : \text{ FIS}_{\eta}^{2,2} R^{h_{2,2}} : \text{ IF } x_5 \text{ is } A_5^{h_{2,2}} \text{ AND } x_6 \text{ is } A_6^{h_{2,2}} \text{ THEN } y_{\eta}^{2,2} \text{ is } B^{h_{2,2}} , \\
& \dots \\
\text{Vrstva q: FIS}_{\eta}^{q,1} R^{h_{q,1}} : & \text{ IF } y_{\eta}^{q-1,1} \text{ is } B^{h_{q-1,1}} \text{ AND } y_{\eta}^{q-1,2} \text{ is } B^{h_{q-1,1}} \text{ THEN } y_{\eta}^{q,1} \text{ is } B^{h_{q,1}} .
\end{aligned} \tag{25}$$

kde: - x_1, x_2, \dots, x_m jsou vstupní proměnné,
- $y_{\eta}^{1,1}, y_{\eta}^{2,1}, \dots, y_{\eta}^{q,1}$ jsou výstupy jednotlivých subsystémů $\text{FIS}_{\eta}^{1,1}, \text{FIS}_{\eta}^{2,1}, \dots, \text{FIS}_{\eta}^{q,1}$,
- q je počet vrstev.

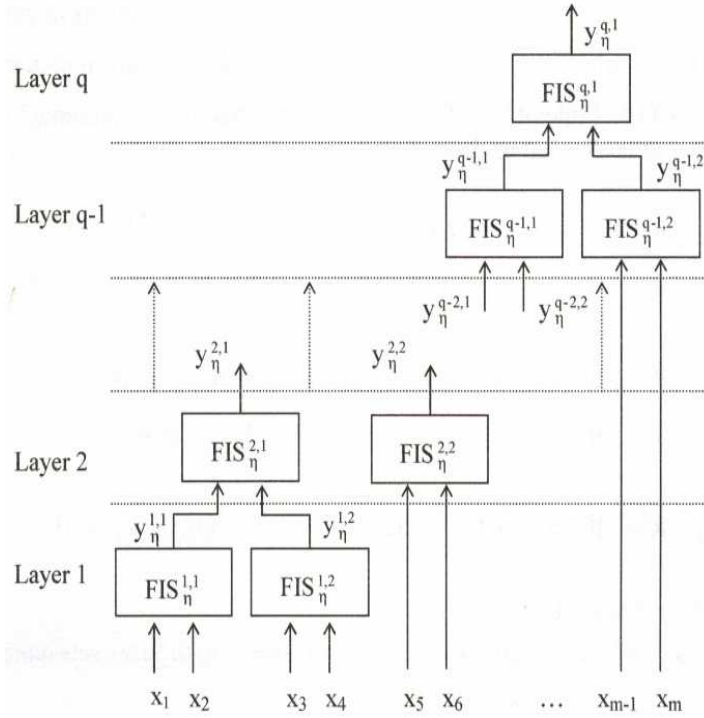
Výstupy $y_{\eta}^{1,1}, y_{\eta}^{2,1}, \dots, y_{\eta}^{q,1}$ stromové struktury IHFIS lze při použití defuzifikační metody COG vyjádřit takto [4,16]:

$$\begin{aligned}
y_{\eta}^{1,1}(B^{h_{1,1}}) &= \frac{\sum_{j=1}^q y_j^{1,1} \times \eta_{B^{h_{1,1}}}(y_j^{1,1})}{\sum_{j=1}^q \eta_{B^{h_{1,1}}}(y_j^{1,1})}, & y_{\eta}^{1,2}(B^{h_{1,2}}) &= \frac{\sum_{j=1}^q y_j^{1,2} \times \eta_{B^{h_{1,2}}}(y_j^{1,2})}{\sum_{j=1}^q \eta_{B^{h_{1,2}}}(y_j^{1,2})} \\
y_{\eta}^{q,1}(B^{h_{q,1}}) &= \frac{\sum_{j=1}^q y_j^{q,1} \times \eta_{B^{h_{q,1}}}(y_j^{q,1})}{\sum_{j=1}^q \eta_{B^{h_{q,1}}}(y_j^{q,1})}, & &
\end{aligned} \tag{26}$$

Hodnoty výstupy z jednotlivých subsystémů $\text{FIS}_{\eta}^{1,1}, \text{FIS}_{\eta}^{2,1}, \dots, \text{FIS}_{\eta}^{q,1}$ v každé vrstvě IHFIS lze vyjádřit takto [4,16]:

$$y_{\eta}^{r,s}(B^{h_{r,s}}) = (1 - \pi_{\mu}^{r,s}) \times y_{\mu}^{r,s}(B^{h_{r,s}}) + \pi_{\nu}^{r,s} \times y_{\nu}^{r,s}(B^{h_{r,s}}), \text{ pro } r=1,2, \dots, q, s=1,2. \tag{27}$$

Stromová struktura IHFIS je znázorněna na obr. 8.



Obrázek 8: Stromová struktura IH FIS. Zdroj: [16]

kde: - $h_{1,1} = h_{2,1} = \dots = h_{q,u} = \{1, 2, \dots, k^m\}$, $u = 1, 2$

- k je počet funkcí příslušnosti,

- $A_1^{h_{1,1}}, A_2^{h_{1,1}}, \dots, A_n^{h_{q,1}}$ reprezentují jazykové proměnné odpovídající množinám $\eta_1^{h_{1,1}}(x_i), \eta_2^{h_{2,1}}(x_i), \dots, \eta_m^{h_{q,1}}(x_i)$,

- $B^{h_{1,1}}, B^{h_{2,1}}, \dots, B^{h_{q,1}}$ reprezentují jazykové proměnné odpovídající fuzzy množinám $\eta_1^{h_{1,1}}(y_\eta^{1,1}), \eta_2^{h_{2,1}}(y_\eta^{2,1}), \dots, \eta_m^{h_{q,1}}(y_\eta^{q,1})$,

- $\eta_{B^{h_{1,1}}}(y_j^{1,1}), \eta_{B^{h_{2,1}}}(y_j^{2,1}), \dots, \eta_{B^{h_{q,1}}}(y_j^{q,1})$ jsou hodnoty funkce příslušnosti $\eta = \mu$ (funkce nepřislušnosti $\eta = \nu$) agregované fuzzy množiny pro hodnoty $y_j^{1,1}, y_j^{2,1}, \dots, y_j^{q,1}$,

- $y_j^{1,1}, y_j^{2,1}, \dots, y_j^{q,1}$ jsou hodnoty z referenčních množin.

3.2 Kaskádní struktura IH FIS

Podmíněná pravidla kaskádní struktury IH FIS lze vyjádřit následujícím způsobem [4,16]:

Vrstva 1: $\text{FIS}_\eta^{1,1} R^{h_{1,1}} : \text{IF } x_1 \text{ is } A_1^{h_{1,1}} \text{ AND } x_2 \text{ is } A_2^{h_{1,1}} \text{ THEN } y_\eta^{1,1} \text{ is } B^{h_{1,1}}$

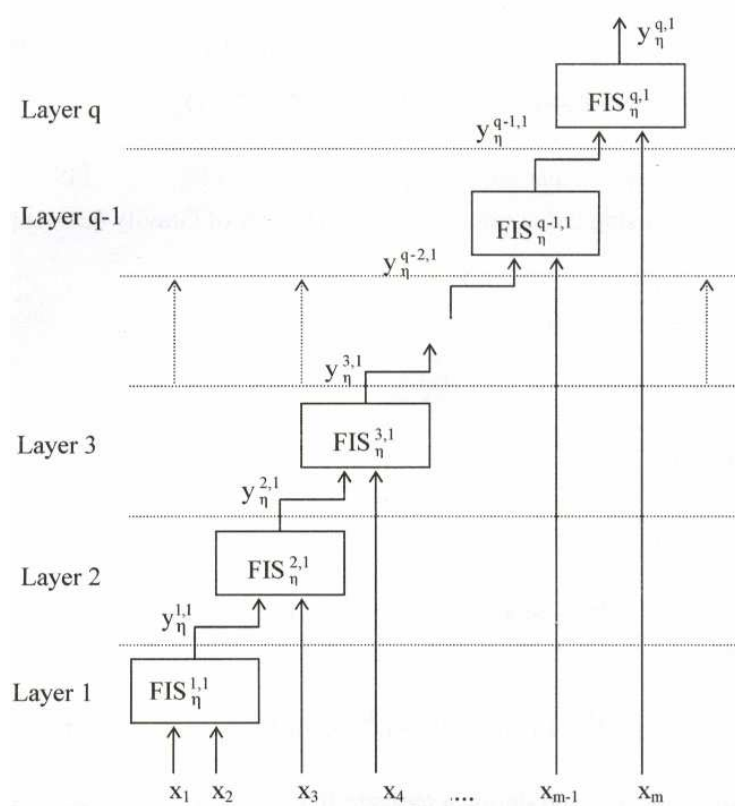
Vrstva 2: $\text{FIS}_\eta^{2,1} R^{h_{2,1}} : \text{IF } y_\eta^{1,1} \text{ is } B^{h_{1,1}} \text{ AND } x_3 \text{ is } A_3^{h_{2,1}} \text{ THEN } y_\eta^{2,1} \text{ is } B^{h_{2,1}}$,

...

Vrstva q : $\text{FIS}_\eta^{q,1} R^{h_{q,1}} : \text{IF } y_\eta^{q-1,1} \text{ is } B^{h_{q-1,1}} \text{ AND } x_m \text{ is } A_m^{h_{q,1}} \text{ THEN } y_\eta^{q,1} \text{ is } B^{h_{q,1}}$.

(28)

Vyjádřit výstupy $y_{\eta}^{1,1}, y_{\eta}^{2,1}, \dots, y_{\eta}^{q,1}$ kaskádní struktury IHFIS, lze podobně jako u stromové struktury [4,16]. Kaskádní struktura IHFIS je uvedena na obr. č. 9.



Obrázek 9: Kaskádní struktura IHFIS. Zdroj: [16]

3.3 Kombinace stromové a kaskádní struktury IHFIS

Tato kombinovaná struktura se skládá z kombinace předcházejících dvou struktur. Podmíněná pravidla této struktury IHFIS lze vyjádřit takto [4,16]

$$\begin{aligned} \text{Vrstva 1: FIS}_{\eta}^{1,1} R^{h_{1,1}} : & \text{IF } x_1 \text{ is } A_1^{h_{1,1}} \text{ AND } x_2 \text{ is } A_2^{h_{1,1}} \text{ THEN } y_{\eta}^{1,1} \text{ is } B^{h_{1,1}} \\ & : \text{FIS}_{\eta}^{1,2} R^{h_{1,2}} : \text{IF } x_3 \text{ is } A_3^{h_{1,2}} \text{ AND } x_4 \text{ is } A_4^{h_{1,2}} \text{ THEN } y_{\eta}^{1,2} \text{ is } B^{h_{1,2}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vrstva 2: FIS}_{\eta}^{2,1} R^{h_{2,1}} : & \text{IF } y_{\eta}^{1,1} \text{ is } B^{h_{1,1}} \text{ AND } y_{\eta}^{1,2} \text{ is } B^{h_{1,2}} \text{ THEN } y_{\eta}^{2,1} \text{ is } B^{h_{2,1}}, \\ & : \text{FIS}_{\eta}^{2,2} R^{h_{2,2}} : \text{IF } x_5 \text{ is } A_5^{h_{2,2}} \text{ AND } x_6 \text{ is } A_6^{h_{2,2}} \text{ THEN } y_{\eta}^{2,2} \text{ is } B^{h_{2,2}}, \end{aligned}$$

...

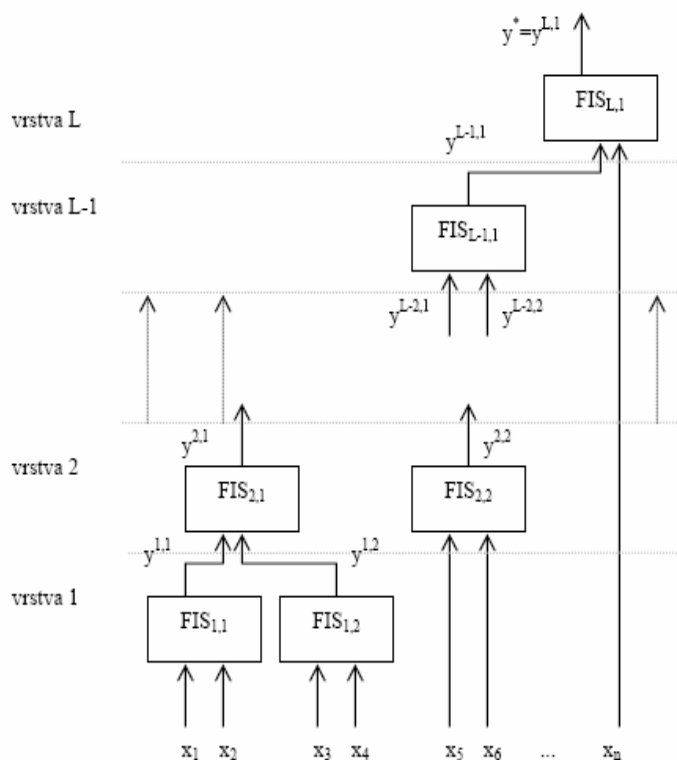
$$\text{Vrstva L: FIS}_{\eta}^{L,1} R^{h_{L,1}} : \text{IF } y_{\eta}^{L-1,1} \text{ is } B^{h_{L-1,1}} \text{ AND } x_n \text{ is } A_n^{h_{L,1}} \text{ THEN } y_{\eta}^* \text{ is } B^{h_{L,1}} .$$

(29)

Výstupy stromové a kaskádní struktury lze vyjádřit takto [4,16]:

$$\begin{aligned}
 y_{\eta}^{1,1}(B^{h_{1,1}}) &= \frac{\sum_{j=1}^q y_j^{1,1} \times \eta_{B^{h_{1,1}}}(y_j^{1,1})}{\sum_{j=1}^q \eta_{B^{h_{1,1}}}(y_j^{1,1})}, & y_{\eta}^{1,2}(B^{h_{1,2}}) &= \frac{\sum_{j=1}^q y_j^{1,2} \times \eta_{B^{h_{1,2}}}(y_j^{1,2})}{\sum_{j=1}^q \eta_{B^{h_{1,2}}}(y_j^{1,2})}, & y_{\eta}^{2,1}(B^{h_{2,1}}) &= \frac{\sum_{j=1}^q y_j^{2,1} \times \eta_{B^{h_{2,1}}}(y_j^{2,1})}{\sum_{j=1}^q \eta_{B^{h_{2,1}}}(y_j^{2,1})} \\
 y_{\eta}^{2,2}(B^{h_{2,2}}) &= \frac{\sum_{j=1}^q y_j^{2,2} \times \eta_{B^{h_{2,2}}}(y_j^{2,2})}{\sum_{j=1}^q \eta_{B^{h_{2,2}}}(y_j^{2,2})}, & y_{\eta}^{5,1}(B^{h_{5,1}}) &= \frac{\sum_{j=1}^q y_j^{5,1} \times \eta_{B^{h_{5,1}}}(y_j^{5,1})}{\sum_{j=1}^q \eta_{B^{h_{5,1}}}(y_j^{5,1})}
 \end{aligned} \tag{30}$$

Kombinace stromové a kaskádní struktury IHFIS je znázorněna na obr. č. 10



Obrázek 10: Kombinace stromové a kaskádní struktury IHFIS. Zdroj:[16]

3.4 Dílčí závěr

V kapitole byl popsán návrh struktury intuitionistického hierarchického fuzzy inferenčního systému (IHFIS). Jedná se o jeden ze způsobů, jak zefektivnit IFIS pro velký počet vstupních proměnných. V této kapitole byly navrženy a graficky zobrazeny tři typy hierarchické struktury intuitionistického fuzzy inferenčního systému, a to struktura stromová, kaskádní a kombinace stromové a kaskádní struktury IHFIS.

4. Návrh indikátorů udržitelného rozvoje pro obce Pardubického kraje

V kapitole bude nejprve charakterizován Pardubický kraj, a poté popsána problematika návrhu indikátorů udržitelného rozvoje pro obce Pardubického kraje. Budou navrženy indikátory pro ekonomickou, environmentální a sociální oblast.

4.1 Pardubický kraj

V pardubickém kraji se nachází 451 obcí, z toho 15 obcí s rozšířenou působností a 26 obcí s pověřeným obecním úřadem. V kraji se koncentruje průmysl, ale i komerční a veřejné služby. Průmyslová výroba má následující strukturu [7]. Nejsilnější je všeobecné strojírenství, dále pak průmysl textilní, oděvní, kožedělný, nejvyšší podíl na celostátní produkci má průmysl chemický. Významný je ale i zemědělský sektor. Ekonomickou prosperitu výrazně ovlivňuje to, že region protíná evropský železniční koridor. Využit lze i vodní a leteckou dopravu. Proto v poslední době zaznamenává kraj významný zájem zahraničních investorů, kteří využívají nabídek připravených průmyslových zón. V Pardubickém kraji je množství přírodních zajímavostí, památek a pamětihodností. Mezi ně patří Chráněná krajinná oblast Železné hory, Chráněná krajinná oblast Žďárské vrchy, Chráněná krajinná oblast Orlické hory, oblast Polabí či masív Králického Sněžníku. Mezi významné architektonické památky kraje patří například středověké hrady.

4.2 Návrh indikátorů udržitelného rozvoje pro oblast ekonomickou, environmentální a sociální

Tato podkapitola poskytuje přehled indikátorů a jejich popis, které jsou dostupné a měřitelné na úrovni obcí v Pardubickém kraji. Tato data byla získána za pomoci Českého statistického úřadu a pobočky statistického úřadu v Pardubicích. Jedná se tedy o ukazatele, sloužící k získání přehledu o udržitelném rozvoji na úrovni jednotlivých obcí. Tyto indikátory budou sloužit na návrh modelu pro klasifikaci obcí podle jejich udržitelného rozvoje. V tabulce č. 2 jsou zobrazeny a rozděleny indikátory dle jednotlivých pilířů.

Tabulka 2: Přehled indikátorů udržitelného rozvoje v Pardubickém kraji na úrovni obcí. Zdroj: [vlastní]

Ekonomické indikátory	Environmentální indikátory	Sociální indikátory
Podíl ekonomicky aktivních (v priméru a sekundéru) (%) - EKO1	Kanalizace s ČOV - ENV1	Vyjíždějící do zaměstnání mimo obec (městskou část) na počtu obyvatel - SOC1
Koncentrace ekonomiky - EKO2	Kanalizace bez ČOV - ENV2	Vyjíždějící do škol mimo obec (městskou část) na počtu obyvatel - SOC2
Průměrná mzda/průměr kraje - EKO3	Podíl orné půdy ze zemědělské půdy (%) - ENV3	Přirozený přírůstek - SOC3
Dluhová služba - EKO4	Podíl trvalých travních porostů ze zemědělské půdy (%) - ENV4	Růst počtu obyvatel - SOC4
Dluh na obyvatele - EKO5	Podíl zastavěných a ostatních ploch z celkové výměry (%) - ENV5	Dojíždějící do zaměstnání do obce (městské části) na počtu obyvatel - SOC5
Podíl opakujících se příjmů a běžných výdajů - EKO6	Podíl vodních ploch z celkové výměry (%) - ENV6	Dojíždějící do škol do obce (městské části) na počtu obyvatel - SOC6
Podíl vlastních příjmů - EKO7	Podíl lesů z celkové výměry (%) - ENV7	Počet trvale obydlených bytů (TOB) na počet obyvatel - SOC7
Podíl kapitálových výdajů - EKO8	Orná půda (rozloha) na počet obyvatel (ha) - ENV8	Počet bytů sloužících k rekreaci v neobydlených domech na počet obyvatel - SOC8
Podíl investičních příjmů - EKO9	Koeficient ekologické stability - ENV9	Podíl obyvatel v TOB zásobovaných pitnou vodou z vodovodu (%) - SOC9
Likvidní majetek na obyvatele - EKO10	Podíl rozlohy zahrad na počtu obyvatel (ha) - ENV10	Podíl obyvatel v TOB s plynem zavedeným do bytu (%) - SOC10
Příjmy na obyvatele - EKO11	Podíl rozlohy ovocných sadů na počtu obyvatel (ha) - ENV11	Podíl obyvatel v TOB napojených na kanalizaci (%) - SOC11
Přijaté dotace na obyvatele - EKO12	Podíl rozlohy trvalých travních porostů na počtu obyvatel (ha) - ENV12	Počet obyvatel - SOC12
Počet podnikatelských subjektů na tisíc obyvatel - EKO13	Podíl rozlohy lesní půdy na počtu obyvatel (ha) - ENV13	Míra nezaměstnanosti - SOC13
	Podíl zemědělské půdy na počtu obyvatel (ha) - ENV14	Podíl VŠ obyvatel - SOC14
	Podíl rozlohy vodních ploch na počtu obyvatel (ha) - ENV15	Stanice vlaku - SOC15
	Podíl rozlohy zastavěných ploch na počtu obyvatel (ha) - ENV16	Saldo migrace - SOC16
	Podíl rozlohy ostatních ploch na počtu obyvatel (ha) - ENV17	Podíl obyvatel ve věku 0 - 14 let na celkovém počtu obyvatel (%) - SOC17
	Podíl rozlohy chmelnic na počtu obyvatel (ha) - ENV18	Podíl obyvatel ve věku 65 let - více na celkovém počtu obyvatel (%) - SOC18
	Podíl rozlohy vinic na počtu obyvatel (ha) - ENV19	Počet dokončených bytů na počet obyvatel - SOC19
		Počet lázeňských léčeben - SOC20
		Počet lůžek v lázeňských léčebnách - SOC21
		Živě narození - SOC22
		Zemřelí - SOC23
		Počet uchazečů o zaměstnání/ počet obyvatel - SOC24

4.2.1 Ekonomické indikátory

Počet indikátorů před předzpracováním dat v této oblasti byl 13. V softwarovém prostředí MS Excel byla provedena korelace těchto dat. K vyjádření míry závislosti je používán korelační koeficient. Korelační koeficient dvou náhodných veličin je definován následujícím způsobem [9]:

$$\rho_{X,Y} = \frac{\text{cov}(X,Y)}{\sqrt{DX}\sqrt{DY}} \quad (31)$$

Jestliže $\rho_{X,Y} = 0$, náhodné veličiny X a Y jsou nekorelované. V opačném případě mezi těmito veličinami existuje korelační vztah [4, 5].

Výsledkem tohoto předzpracování je, že byla odstraněna data, která korelují s dalšími indikátory. Závislosti mezi indikátory jsou zřejmé z koeficientů korelace uvedených v tabulce č. 3. Z důvodu korelace byly odebrány tyto indikátory:

- Podíl ekonomicky aktivních (v priméru a sekundéru) - EKO1.
- Podíl investičních příjmů - EKO9.
- Příjmy na obyvatele - EKO11.

Důvodem k odebrání indikátoru EKO1 byla vysoká korelace (0.74) s indikátorem EKO2 (Koncentrace ekonomiky). Indikátor EKO2 byl ponechán z důvodu větší vypovídací hodnoty o ekonomické situaci v obci. Vypovídací hodnota indikátorů byla posouzena na základě konzultace s expertem na danou problematiku. Indikátor EKO9 byl odebrán z důvodu korelace se dvěma indikátory (na hodnotách 0.71 a 0.74), a to s EKO11 a EKO12 (Přijaté dotace na obyvatele). Příčinou byla nižší vypovídající hodnota tohoto indikátoru. Indikátor EKO11 byl odstraněn z důvodu korelace (0.86) s indikátorem EKO12. Ostatní indikátory jsou popsány dále.

Tabulka 3: Korelační matice ekonomických indikátorů. Zdroj: [vlastní]

Korelace EKO	EKO1	EKO2	EKO3	EKO4	EKO5	EKO6	EKO7	EKO8	EKO9	EKO10	EKO11	EKO12	EKO13
EKO1	1.00	0.74	-0.26	0.03	-0.03	0.13	0.15	-0.01	-0.20	-0.05	-0.25	-0.25	-0.20
EKO2	0.74	1.00	-0.20	0.06	-0.04	-0.01	0.03	0.01	-0.02	-0.09	-0.10	-0.07	-0.26
EKO3	-0.26	-0.20	1.00	0.02	0.06	0.09	-0.07	-0.04	-0.02	0.00	0.00	-0.04	0.30
EKO4	0.03	0.06	0.02	1.00	0.15	0.02	-0.04	0.11	0.19	0.06	0.07	0.03	-0.06
EKO5	-0.03	-0.04	0.06	0.15	1.00	0.00	0.05	0.06	0.09	0.38	0.17	0.08	0.04
EKO6	0.13	-0.01	0.09	0.02	0.00	1.00	0.09	0.42	-0.42	-0.12	-0.47	-0.56	-0.03
EKO7	0.15	0.03	-0.07	-0.04	0.05	0.09	1.00	0.00	-0.17	0.34	-0.07	-0.18	-0.04
EKO8	-0.01	0.01	-0.04	0.11	0.06	0.42	0.00	1.00	0.38	0.09	0.12	0.04	-0.03
EKO9	-0.20	-0.02	-0.02	0.19	0.09	-0.42	-0.17	0.38	1.00	0.16	0.71	0.74	0.01
EKO10	-0.05	-0.09	0.00	0.06	0.38	-0.12	0.34	0.09	0.16	1.00	0.48	0.22	0.14
EKO11	-0.25	-0.10	0.00	0.07	0.17	-0.47	-0.07	0.12	0.71	0.48	1.00	0.86	0.12
EKO12	-0.25	-0.07	-0.04	0.03	0.08	-0.56	-0.18	0.04	0.74	0.22	0.86	1.00	0.05
EKO13	-0.20	-0.26	0.30	-0.06	0.04	-0.03	-0.04	-0.03	0.01	0.14	0.12	0.05	1.00

Koncentrace ekonomiky (x1)

Obec s koncentrovanou ekonomikou se vyznačuje zaměstnaností obyvatel v jednom nebo několika odvětvích ekonomiky. Malá hodnota indikátoru, znamená dlouhodobou pružnost místní ekonomiky a ochranu proti úpadku jednoho sektoru.

Průměrná mzda/průměr kraje (x2)

Indikátor vyjadřuje poměr mezi průměrnou mzdou v obci a průměrnou mzdou v kraji. Velikost mezd má vliv na poptávku po veřejných statcích a službách. Občané s vyššími mzdami požadují kvalitnější veřejné statky a služby. Obec tak na jedné straně může získat dodatečné finanční prostředky vyplývající z vyšších poplatků za poskytované služby. Na druhé straně je třeba realizovat investice do kvalitnější sociální a technické infrastruktury.

Dluhová služba (x3)

Dluhová služba označuje roční platby úroků. Opakující se příjmy jsou celkové příjmy bez jednorázových a kapitálových příjmů. Hodnotu indikátoru nad 0,15 lze považovat za signál hrozící dluhové pasti. Významná část příjmů obce je pak používána na pokrytí dluhové služby.

Dluh na obyvatele (x4)

Tento indikátor udává poměr mezi celkovým dluhem v Kč a počtem obyvatel. Měří hrubou míru zadluženosti obce, výši dluhu připadající na jednoho obyvatele obce. Jeho absolutní hodnota je sama osobě nevypovídající. Je zapotřebí porovnat hodnotu tohoto indikátoru obce s ostatními obcemi v regionu.

Podíl opakujících se příjmů a běžných výdajů (x5)

Indikátor ukazuje na kvalitu rozpočtového hospodaření. Pokud je vyšší, než 1 je běžný rozpočet přebytkový. Hodnota indikátoru vyšší než 1 umožňuje obcím použít běžný přebytek k financování svých závazků.

Podíl vlastních příjmů (x6)

Vyšší podíl vlastních příjmů na celkových příjmech znamená vyšší fiskální autonomii obce. Vyšší fiskální autonomie vede k menší zadluženosti obcí. Velikost fiskální autonomie ovlivňuje rozhodování managementu obce. Management obce volí kombinaci vlastních příjmů a dluhu na financování veřejných statků. Čím vyšší je tedy jejich fiskální autonomie, tím menší mají potřebu volit dluh jak nástroj financování [5].

Podíl kapitálových výdajů (x7)

Vyšší hodnota tohoto indikátoru ukazuje na investiční aktivitu obce a na dobré běžné hospodaření obce umožňující další rozvoj. Tato hypotéza je rovněž v souladu s mezigenerační teorií spravedlnosti, kdy se na kapitálových výdajích mají podílet jak současní, tak budoucí uživatelé veřejných statků.

Likvidní majetek na obyvatele (x8)

Obce disponují vlastním majetkem. Tento majetek je často použit jako zástava bankovních úvěrů. Banky poskytnou úvěr pouze v tom případě, pokud majetek, který je jako zástava použit, je dostatečně likvidní, tedy v krátkém čase zpeněžitelný. Likvidním majetkem obce se rozumí dobře situované rozlehlé pozemky, komerční budovy, zemědělské pozemky a majetek sloužící podnikatelským účelům v majetku obce.

Přijaté dotace na obyvatele (x9)

Tento indikátor zobrazuje podíl celkové přijaté dotace obce a počtu obyvatel obce.

Počet podnikatelských subjektů na tisíc obyvatel (x10)

Indikátor udává podíl celkového počtu registrovaných podnikatelských subjektů v obci na 1000 obyvatel [4, 5].

4.2.2 Environmentální indikátory

Počet indikátorů před vlastním předzpracováním dat v této oblasti byl 19. Na začátku byly ihned vyloučeny indikátory podíl rozlohy vinice a chmelnice na počtu obyvatel, a to z důvodu nulového výskytu v Pardubickém kraji a korelace se všemi ostatními indikátory. V softwarovém prostředí MS Excel, byla provedena korelace těchto dat. Po provedení zpracování dat, došlo k redukci z důvodu korelace na 11 indikátorů. Závislosti mezi indikátory jsou zřejmé z koeficientů korelace uvedených v tabulce č. 4. Z důvodu korelace byly odebrány tyto indikátory:

- Podíl trvalých travních porostů ze zemědělské půdy - ENV4.
- Podíl lesů z celkové výměry (%) - ENV7.
- Orná půda (rozloha) na počet obyvatel (ha) - ENV8
- Podíl rozlohy vodních ploch na počtu obyvatel (ha) - ENV15
- Podíl rozlohy zastavěných ploch na počtu obyvatel (ha) - ENV16
- Podíl rozlohy ostatních ploch na počtu obyvatel (ha) - ENV17

Důvodem k odebrání indikátoru ENV4 byla vysoká korelace (-0.98 a 0.74) s ENV3 (podíl orné půdy ze zemědělské půdy) a ENV12 (podíl rozlohy trvalých travních porostů na počtu obyvatel). Indikátor ENV7 byl odebrán z důvodu korelace (0.73 a 0.75) s indikátory ENV9 (koeficient ekologické stability) a ENV13 (podíl rozlohy lesní půdy na počtu obyvatel). Indikátor ENV8 byl odebrán z důvodu korelace (0.67 a 0.66) s indikátory ENV16 a ENV17. Indikátor ENV15 byl odebrán z důvodu korelace (0.62 a 0.59) s indikátory ENV6 (podíl vodních ploch z celkové výměry) a ENV17. Indikátor ENV16 byl odebrán z důvodu korelace (0.67 a 0.95) s indikátory ENV8 a ENV17. Indikátor ENV17 byl odebrán z důvodu korelace (0.66, 0.59 a 0.95) s indikátory ENV8, ENV15 a ENV16. Příčinou odstranění právě těchto indikátorů byla nižší vypovídající hodnota indikátorů, než hodnota indikátorů s nimi korelujícími. Ostatní indikátory jsou popsány dále.

Tabulka 4: Korelační matice environmentálních indikátorů. Zdroj: [vlastní]

Korelace ENV	ENV1	ENV2	ENV3	ENV4	ENV5	ENV6	ENV7	ENV8	ENV9	ENV10	ENV11	ENV12	ENV13	ENV14	ENV15	ENV16	ENV17
ENV1	1.00	-0.47	-0.05	0.02	0.35	0.17	-0.05	0.29	0.02	-0.34	-0.03	-0.14	-0.12	-0.35	0.29	0.32	0.35
ENV2	-0.47	1.00	0.08	-0.06	-0.13	-0.06	-0.08	-0.18	-0.09	0.03	0.03	-0.02	-0.05	0.09	-0.13	-0.15	-0.17
ENV3	-0.05	0.08	1.00	-0.98	0.04	0.05	-0.52	0.21	-0.72	-0.10	0.06	-0.63	-0.33	0.11	-0.01	0.01	-0.05
ENV4	0.02	-0.06	-0.98	1.00	-0.09	-0.07	0.52	-0.21	0.72	0.12	-0.11	0.69	0.36	-0.02	0.00	-0.05	0.02
ENV5	0.35	-0.13	0.04	-0.09	1.00	0.21	-0.28	0.07	-0.20	-0.37	-0.03	-0.25	-0.30	-0.39	0.20	0.32	0.45
ENV6	0.17	-0.06	0.05	-0.07	0.21	1.00	-0.16	-0.01	-0.11	-0.21	-0.08	-0.12	-0.18	-0.19	0.62	0.07	0.08
ENV7	-0.05	-0.08	-0.52	0.52	-0.28	-0.16	1.00	-0.17	0.73	0.22	0.01	0.38	0.75	0.05	0.00	-0.06	0.00
ENV8	0.29	-0.18	0.21	-0.21	0.07	-0.01	-0.17	1.00	-0.23	-0.28	-0.02	-0.22	-0.20	-0.16	0.45	0.67	0.66
ENV9	0.02	-0.09	-0.72	0.72	-0.20	-0.11	0.73	-0.23	1.00	0.16	-0.04	0.53	0.71	-0.02	-0.03	-0.07	-0.03
ENV10	-0.34	0.03	-0.10	0.12	-0.37	-0.21	0.22	-0.28	0.16	1.00	0.25	0.50	0.43	0.72	-0.28	-0.30	-0.31
ENV11	-0.03	0.03	0.06	-0.11	-0.03	-0.08	0.01	-0.02	-0.04	0.25	1.00	-0.01	0.04	0.23	-0.07	-0.04	-0.05
ENV12	-0.14	-0.02	-0.63	0.69	-0.25	-0.12	0.38	-0.22	0.53	0.50	-0.01	1.00	0.58	0.56	-0.11	-0.17	-0.11
ENV13	-0.12	-0.05	-0.33	0.36	-0.30	-0.18	0.75	-0.20	0.71	0.43	0.04	0.58	1.00	0.37	-0.10	-0.13	-0.09
ENV14	-0.35	0.09	0.11	-0.02	-0.39	-0.19	0.05	-0.16	-0.02	0.72	0.23	0.56	0.37	1.00	-0.24	-0.28	-0.28
ENV15	0.29	-0.13	-0.01	0.00	0.20	0.62	0.00	0.45	-0.03	-0.28	-0.07	-0.11	-0.10	-0.24	1.00	0.57	0.59
ENV16	0.32	-0.15	0.01	-0.05	0.32	0.07	-0.06	0.67	-0.07	-0.30	-0.04	-0.17	-0.13	-0.28	0.57	1.00	0.95
ENV17	0.35	-0.17	-0.05	0.02	0.45	0.08	0.00	0.66	-0.03	-0.31	-0.05	-0.11	-0.09	-0.28	0.59	0.95	1.00

Kanalizace s ČOV (x11)

Tato proměnná vyjadřuje stav existence kanalizace včetně čistírny odpadních vod v obci. Nula vyjadřuje situaci, kdy v obci není kanalizace s čističkou odpadních vod (ČOV).

Kanalizace bez ČOV (x12)

Obdoba předchozího indikátoru. Nula vyjadřuje situaci, kdy v obci není zavedena kanalizace s čističkou odpadních vod (ČOV) [5].

Podíl orné půdy ze zemědělské půdy v % (x13)

Ukazatel je dán podílem výměry orné půdy a výměry zemědělské půdy v daném území.

Podíl zastavěných a ostatních ploch z celkové výměry v % (x14)

Ukazatel je dán podílem součtu výměr zastavěných ploch a ostatních ploch v daném území a celkové výměry území.

Podíl vodních ploch z celkové výměry v % (x15)

Ukazatel je dán podílem výměry vodních ploch v daném území a celkové výměry území.

Koeficient ekologické stability (x16)

Koeficient ekologické stability se počítá jako podíl výměr druhů pozemků v daném území. V čitateli tohoto podílu je součet výměr chmelnic, vinic, zahrad, ovocných sadů, trvalých

travních porostů, lesní půdy a vodních ploch. Ve jmenovateli podílu je součet výměr orné půdy, zastavěných ploch a ostatních ploch [2].

Podíl rozlohy zahrad na počtu obyvatel (x17)

Zahrady jsou pozemky zpravidla oplocené, na kterých se trvale a převážně pěstuje zelenina, květiny a jiné zahradní plodiny, zpravidla pro vlastní spotřebu, souvislé pozemky osázené ovocnými stromy nebo keři až do výměry 0.25 ha, které zpravidla tvoří souvislý celek s obytnými a hospodářskými budovami, školky ovocných nebo okrasných stromů, viničné školky a školky pro chmelovou sáď, pařeniště, skleníky a jpany, pokud nejsou na orné půdě. Patří sem půda vlastní i pronajatá, na které v daném roce podnik (majitel, nájemce) hospodáří, včetně pozemků dočasně odňatých a dočasně neobdělávaných dle kategorizace katastrálního úřadu.

Podíl rozlohy ovocných sadů na počtu obyvatel (x18)

Ovocné sady jsou souvislé pozemky o výměře nad 0.25 ha osázené ovocnými stromy v hustotě na 1 ha nejméně 90 stromů u vysokokmenů a polokmenů jádovin a třešní, 150 stromů u vysokokmenů a polokmenů švestek atd. Patří sem půda vlastní i pronajatá, na které v daném roce podnik (majitel, nájemce) hospodáří, včetně pozemků dočasně odňatých a dočasně neobdělávaných dle kategorizace katastrálního úřadu.

Podíl rozlohy trvalých travních porostů na počtu obyvatel (x19)

Ukazatel se skládá z dřívějšího ukazatele Louky, což jsou pozemky porostlé travinami, u nichž hlavním výtěžkem je seno (tráva), i když se nahodile spásají a z ukazatele Pastviny, což jsou pozemky porostlé travinami, které jsou určeny k trvalému spásání, i když se nahodile sečou. Patří sem též pastevní výběhy pro skot, vepřový dobytek a drůbež. Patří sem půda vlastní i pronajatá, na které v daném roce podnik (majitel, nájemce) hospodáří, včetně pozemků dočasně odňatých a dočasně neobdělávaných dle kategorizace katastrálního úřadu [2].

Podíl rozlohy lesní půdy na počtu obyvatel (x20)

V ukazateli je zahrnuta: porostní půda, tj. půda využívaná přímo k lesní produkci, skutečně zalesněná nebo dočasně odlesněná s úmyslem opětovné obnovy lesního porostu, bezlesí, tj. dočasně odlesněná část lesní půdy, sloužící provozu lesního hospodářství nepřímo (plocha lesních školek, lesních skladů, měkké lesní cesty, průseky všech druhů, přesahují-li

šířku 4 m, apod.), odňaté pozemky zemědělskému půdnímu fondu přidělené lesnímu hospodářství k zalesnění, ale dosud nezalesněné, pozemky nad horní hranicí stromové vegetace s výjimkou zastavěných pozemků (vysokohorské chaty, lyžařské vleky a jiná účelová zařízení). Patří sem půda vlastní i pronajatá, na které v daném roce podnik (majitel, nájemce) hospodaří, včetně pozemků dočasně odňatých a dočasně neobdělávaných dle kategorizace katastrálního úřadu.

Podíl zemědělské půdy na počtu obyvatel (x21)

Zemědělská půda je součtový ukazatel, který udává souhrn výměr druhů pozemků (kultur) sloužících bezprostředně zemědělskému výrobnímu procesu jako základní prostředek, z něhož se získává rostlinná produkce. Ukazatel je tvořen podílem součtu výměr těchto druhů pozemků: orná půda, chmelnice, vinice, zahrady, ovocné sady a trvalé travní porosty a počtu obyvatel v obci [2].

4.2.3 Sociální indikátory

Počet indikátorů před předzpracováním dat v této oblasti byl 24. V softwarovém prostředí MS Excel, byla provedena korelační analýza těchto dat. Po provedení předzpracování a korelační matice, zobrazené v tabulce č. 5, byl počet indikátorů snižen na 18. Z důvodu korelace byly odebrány tyto indikátory:

- Přirozený přírůstek - SOC3.
- Růst počtu obyvatel - SOC4.
- Počet lůžek v lázeňských léčebnách - SOC21.
- Živě narození - SOC22.
- Zemřelí - SOC23.
- Počet uchazečů o zaměstnání/ počet obyvatel -SOC24.

Důvodem k odebrání indikátoru SOC3 byla vysoká korelace (0.71, 0.74 a 0.64) s indikátory SOC12 (počet obyvatel), SOC22 a SOC23. Indikátor SOC4 byl odebrán z důvodu korelace (-0.56) s indikátorem SOC7 (počet trvale obydlených bytů na počet obyvatel). Indikátor SOC21 byl odebrán z důvodu korelace (1.00) s indikátorem SOC20 (počet lázeňských léčení). Dále byly odebrány indikátory SOC22, z důvodu korelace (0.74, 1.00, 0.59 a 0.99) s indikátory SOC3, SOC12, SOC16 (saldo migrace) a SOC22, indikátor SOC23, při hodnotě korelace 0.64, 0.99 a 0.99 s indikátory SOC3, SOC12, SOC23 a indikátor

SOC24 z důvodu korelace (0.72) s indikátorem SOC13 (míra nezaměstnanosti). Příčinou odstranění právě těchto indikátorů byla nižší vypovídající hodnota indikátorů, než hodnota indikátorů s nimi korelujícími. Ostatní indikátory jsou popsány dále.

Tabulka 5: Korelační matice sociálních indikátorů. Zdroj: [vlastní]

Korelace SOC	SOC1	SOC2	SOC3	SOC4	SOC5	SOC6	SOC7	SOC8	SOC9	SOC10	SOC11	SOC12	SOC13	SOC14	SOC15	SOC16	SOC17	SOC18	SOC19	SOC20	SOC21	SOC22	SOC23	SOC24	
SOC1	1.00	0.50	-0.21	-0.06	-0.18	-0.35	0.07	-0.02	-0.10	0.07	-0.23	-0.36	-0.17	-0.16	-0.28	-0.11	-0.05	0.02	-0.01	0.01	0.01	-0.36	-0.37	-0.11	
SOC2	0.50	1.00	-0.17	-0.02	-0.12	-0.48	-0.10	0.02	-0.08	-0.12	-0.29	-0.30	0.06	-0.26	-0.35	-0.14	-0.08	-0.02	-0.02	-0.04	-0.04	-0.30	-0.31	0.01	
SOC3	-0.21	-0.17	1.00	0.13	0.10	0.14	-0.01	-0.13	0.05	0.14	0.20	0.71	-0.08	0.25	0.15	0.53	0.06	-0.13	0.07	-0.01	-0.01	0.74	0.64	-0.05	
SOC4	-0.06	-0.02	0.13	1.00	0.05	0.04	-0.56	-0.46	0.09	0.23	0.22	0.03	-0.21	0.15	0.05	0.07	0.34	-0.49	0.15	0.14	0.14	0.04	0.02	-0.20	
SOC5	-0.18	-0.12	0.10	0.05	1.00	0.25	0.05	-0.06	0.08	0.11	0.19	0.09	-0.12	0.24	0.12	0.11	-0.04	-0.05	-0.01	0.04	0.04	0.10	0.09	-0.09	
SOC6	-0.35	-0.48	0.14	0.04	0.25	1.00	0.01	-0.13	0.01	0.11	0.31	0.18	-0.05	0.26	0.16	0.07	0.02	-0.11	-0.06	0.05	0.05	0.18	0.18	-0.03	
SOC7	0.07	-0.10	-0.01	-0.56	0.05	0.01	1.00	0.50	-0.08	-0.05	-0.03	0.08	0.05	0.09	-0.01	0.00	-0.31	0.63	-0.10	-0.02	-0.02	0.07	0.08	0.18	
SOC8	-0.02	0.02	-0.13	-0.46	-0.06	-0.13	0.50	1.00	-0.12	-0.35	-0.31	-0.14	0.27	-0.21	-0.22	-0.10	-0.17	0.52	-0.06	-0.04	-0.04	-0.14	-0.14	0.27	
SOC9	-0.10	-0.08	0.05	0.09	0.08	0.01	-0.08	-0.12	1.00	0.09	-0.06	0.03	-0.12	0.04	0.09	0.01	0.09	-0.06	0.03	0.01	0.01	0.04	0.04	0.04	-0.07
SOC10	0.07	-0.12	0.14	0.23	0.11	0.11	-0.05	-0.35	0.09	1.00	0.33	0.19	-0.31	0.27	0.10	0.13	-0.10	-0.10	0.16	0.03	0.03	0.19	0.19	-0.27	
SOC11	-0.23	-0.29	0.20	0.22	0.19	0.31	-0.03	-0.31	-0.06	0.33	1.00	0.34	-0.23	0.36	0.26	0.16	0.00	-0.21	0.02	0.05	0.05	0.34	0.35	-0.20	
SOC12	-0.36	-0.30	0.71	0.03	0.09	0.18	0.08	-0.14	0.03	0.19	0.34	1.00	-0.09	0.34	0.26	0.58	-0.04	-0.05	0.02	0.02	1.00	0.99	-0.06		
SOC13	-0.17	0.06	-0.08	-0.21	-0.12	-0.05	0.05	0.27	-0.12	-0.31	-0.23	-0.09	1.00	-0.35	-0.06	-0.12	0.03	0.13	-0.11	-0.05	-0.05	-0.09	-0.08	0.72	
SOC14	-0.16	-0.26	0.25	0.15	0.24	0.26	0.09	-0.21	0.04	0.27	0.36	0.34	-0.35	1.00	0.19	0.19	-0.06	-0.07	0.07	0.15	0.15	0.34	0.34	-0.27	
SOC15	-0.28	-0.35	0.15	0.05	0.12	0.16	-0.01	-0.22	0.09	0.10	0.26	0.26	-0.06	0.19	1.00	0.12	-0.02	-0.14	0.06	-0.03	-0.03	0.26	0.26	-0.05	
SOC16	-0.11	-0.14	0.53	0.07	0.11	0.07	0.00	-0.10	0.01	0.13	0.16	0.58	-0.12	0.19	0.12	1.00	0.01	-0.05	0.27	0.02	0.02	0.59	0.56	-0.08	
SOC17	-0.05	-0.08	0.06	0.34	-0.04	0.02	-0.31	-0.17	0.09	-0.10	0.00	-0.04	0.03	-0.06	-0.02	0.01	1.00	-0.35	0.10	0.03	0.03	-0.03	-0.05	0.02	
SOC18	0.02	-0.02	-0.13	-0.49	-0.05	-0.11	0.63	0.52	-0.06	-0.09	-0.21	-0.05	0.13	-0.07	-0.14	-0.05	-0.35	1.00	-0.10	-0.04	-0.04	-0.06	-0.04	0.09	
SOC19	-0.01	-0.02	0.07	0.15	-0.01	-0.06	-0.10	-0.06	0.03	0.16	0.02	0.02	-0.11	0.07	0.06	0.27	0.10	-0.10	1.00	-0.02	-0.02	0.03	0.01	-0.03	
SOC20	0.01	-0.04	-0.01	0.14	0.04	0.05	-0.02	-0.04	0.01	0.03	0.05	0.02	-0.05	0.15	-0.03	0.02	0.03	-0.04	-0.02	1.00	1.00	0.02	0.02	-0.04	
SOC21	0.01	-0.04	-0.01	0.14	0.04	0.05	-0.02	-0.04	0.01	0.03	0.05	0.02	-0.05	0.15	-0.03	0.02	0.03	-0.04	-0.02	1.00	1.00	0.02	0.02	-0.04	
SOC22	-0.36	-0.30	0.74	0.04	0.10	0.18	0.07	-0.14	0.04	0.19	0.34	1.00	-0.09	0.34	0.26	0.59	-0.03	-0.06	0.03	0.02	0.02	1.00	0.99	-0.06	
SOC23	-0.37	-0.31	0.64	0.02	0.09	0.18	0.08	-0.14	0.04	0.19	0.35	0.99	-0.08	0.34	0.26	0.56	-0.05	-0.04	0.01	0.02	0.02	0.99	1.00	-0.06	
SOC24	-0.11	0.01	-0.05	-0.20	-0.09	-0.03	0.18	0.27	-0.07	-0.27	-0.20	-0.06	0.72	-0.27	-0.05	-0.08	0.02	0.09	-0.03	-0.04	-0.04	-0.06	-0.06	1.00	

Vyjíždějící do zaměstnání mimo obec (městskou část) na počtu obyvatel (x22)

Osoby vyjíždějící do zaměstnání mimo obec (městskou část) jsou zaměstnaní, zaměstnavatelé, samostatně činní, pracující důchodci a ženy na mateřské dovolené v trvání 28 nebo 37 týdnů, ale bez pracujících studentů a učňů. Jsou to osoby, které mají v obci (městské části) trvalý pobyt, ale jejich pracoviště je v jiné obci (městské části). Indikátor zobrazuje podíl počtu obyvatel vyjíždějících do zaměstnání k celkovému počtu obyvatel.

Vyjíždějící do škol mimo obec (městskou část) na počtu obyvatel (x23)

Vyjíždějící osoby do škol mimo obec (městskou část) jsou žáci, studenti a učni, kteří mají v obci (městské části) trvalý pobyt, ale jejich škola je v jiné obci (městské části). Studenti a učni jsou zařazeni vždy podle vyjížděky do školy, a to i v případech, kdy jsou pracujícími studenty a učiteli. Tzn. mezi vyjíždějící žáky, studenty a učně patří jak pracující studenti a učni, tak osoby ekonomicky neaktivní (děti, studenti a učni). Indikátor zobrazuje podíl počtu obyvatel vyjíždějících do školy k celkovému počtu obyvatel.

Dojíždějící do zaměstnání do obce (městské části) na počtu obyvatel (x24)

Osoby dojíždějící do zaměstnání do obce (městské části) jsou zaměstnaní, zaměstnavatelé, samostatně činní, pracující důchodci a ženy na mateřské dovolené v trvání 28 nebo 37 týdnů,

ale bez pracujících studentů a učňů. Jsou to osoby, které mají v obci (městské části) pracoviště, ale místo jejich trvalého pobytu je v jiné obci (městské části). Indikátor zobrazuje podíl počtu obyvatel dojíždějících do zaměstnání k celkovému počtu obyvatel.

Dojíždějící do škol do obce (městské části) na počtu obyvatel (x25)

Dojíždějící osoby do škol do obce (městské části) jsou žáci, studenti a učni, kteří mají v obci (městské části) školu, ale jejich místo trvalého pobytu je v jiné obci (městské části). Studenti a učni jsou zařazeni vždy podle dojíždětky do školy, a to i v případech, kdy jsou pracujícími studenty a učiteli. Tzn. mezi vyjíždějící žáky, studenty a učně patří jak pracující studenti a učni, tak osoby ekonomicky neaktivní (děti, studenti a učni). Indikátor zobrazuje podíl počtu obyvatel dojíždějících do škol k celkovému počtu obyvatel [2].

Počet trvale obydlených bytů (TOB) na počet obyvatel (x26)

Byt je obydlen trvale, 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. Byt musí mít obytný prostor, vlastní uzavíratelný vstup, prostor pro vaření, prostor pro tělesnou hygienu. Za byty se z hlediska sčítání považují také jednotlivé obytné místnosti ve svobodárnách, penzionech, domech pečovatelské služby apod., pokud slouží k ubytování trvalého charakteru na základě dekretu a jsou směnitelné za jinou bytovou jednotku (tzv. dekretované místnosti). Indikátor zobrazuje podíl počtu trvale obydlených bytů k celkovému počtu obyvatel obce.

Počet bytů sloužících k rekreaci v neobydlených domech na počet obyvatel (x27)

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 nespádají do trvale obydlených domů. Indikátor zobrazuje podíl počtu bytů sloužících k rekreaci k celkovému počtu obyvatel.

Podíl obyvatel v TOB zásobovaných pitnou vodou z vodovodu v % (x28)

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 území, kteří bydlí v trvale obydlených bytech a jejichž byt je zásobován pitnou vodou z vodovodu, ve jmenovateli je potom celkový počet obyvatel území, kteří žijí v trvale obydlených bytech.

Podíl obyvatel v TOB s plynem zavedeným do bytu v % (x29)

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 území, kteří bydlí v trvale obydlených bytech a do jejichž bytu je zaveden plyn, ve jmenovateli je potom celkový počet obyvatel území, kteří žijí v trvale obydlených bytech [2].

Podíl obyvatel v TOB napojených na kanalizaci v % (x30)

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 území, kteří bydlí v trvale obydlených bytech a jejichž byt je napojen na kanalizaci, ve jmenovateli je potom celkový počet obyvatel území, kteří žijí v trvale obydlených bytech.

Počet obyvatel (x31)

Udává počet obyvatel území k určitému okamžiku. Do počtu obyvatel jsou zahrnuty všechny osoby s trvalým i dlouhodobým pobytem v daném území, a to bez ohledu na státní občanství. Do počtu obyvatel jsou tak podle zákona o pobytu cizinců (č. 326/1999 Sb.) zahrnuti cizinci s trvalým pobytem, cizinci s přechodným pobytem na základě víza nad 90 dnů a cizinci, kterým byl přiznán azyl.

Míra nezaměstnanosti (x32)

Míra nezaměstnanosti pro dosažitelné uchazeče vyjadřuje v případě menších územních jednotek (obcí, správních obvodů obcí s rozšířenou působností, atd.) podíl počtu nezaměstnaných registrovaných úřady práce na počtu ekonomicky aktivních osob [2].

Podíl vysokoškolských obyvatel (x33)

Vzdělanostní struktura obyvatelstva ukazuje na atraktivitu obce pro obyvatele s VŠ vzděláním. Obory náročné na vzdělanou pracovní sílu se rozvíjejí, zatímco obory náročné na málo vzdělanou pracovní sílu se přesouvají do oblastí s nízkými náklady na práci. Málo vzdělané obyvatelstvo je tak více ohroženo nezaměstnaností a z toho vyplývajícími nároky na sociální služby a výdaje obce.

Stanice vlaku (x34)

Binární informace o existenci vlakové stanice v obci. Nula vyjadřuje situaci, kdy se v obci stanice vlaku nevyskytuje.

Saldo migrace (x35)

Saldo migrace je dáno rozdílem počtu přistěhovalých a vystěhovalých osob za stejné období (obvykle 1 roku) v daném území.

Podíl obyvatel ve věku 0 - 14 let na celkovém počtu obyvatel v % (x36)

Jedná se o podíl počtu obyvatel podle věku na celkovém počtu obyvatel území

Podíl obyvatel ve věku 65 let - více na celkovém počtu obyvatel v % (x37)

Jedná se o podíl počtu obyvatel podle věku na celkovém počtu obyvatel území [2].

Počet dokončených bytů na počet obyvatel (x38)

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. Indikátor zobrazuje podíl počtu dokončených bytů k celkovému počtu obyvatel.

Počet lázeňských léčeben (x39)

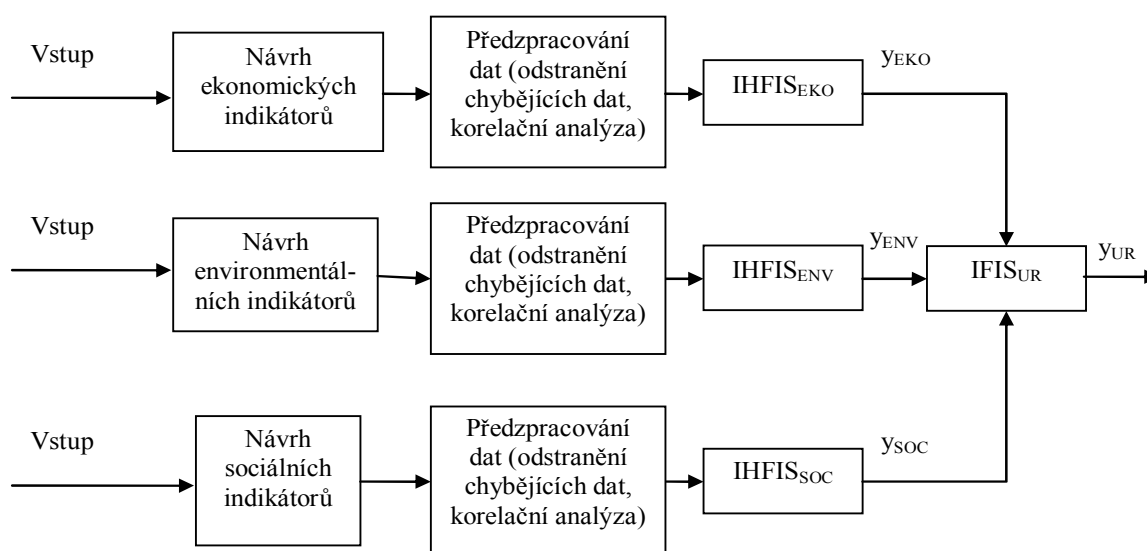
Lázeňská léčebna poskytuje nemocným speciálně zaměřenou ústavní lázeňskou péči, která navazuje na péči poskytovanou v jiných zařízeních léčebně preventivní péče a při níž se využívá především přírodních léčivých zdrojů nebo klimatických podmínek [2].

4.3 Dílčí závěr

Tato kapitola popisuje návrh indikátorů udržitelného rozvoje na úrovni obcí Pardubického kraje. První část obsahuje souhrnný přehled všech indikátorů získaných pro dané obce. V další části kapitoly jsou popsány indikátory ekonomické, environmentální a sociální, které v datovém souboru zůstaly po konzultaci s expertem a provedení korelační analýzy. V Příloze A, v tabulkách č. 7 až 9, jsou znázorněny popisné statistiky indikátorů, které nebyly vyloučeny. Ukázka vstupních dat jednotlivých pilířů je obsažena v Příloze B v tabulkách č. 10 až 12.

5. Návrh modelu udržitelného rozvoje obcí Pardubického kraje

Hierarchický intuitionistický FIS na modelování udržitelného rozvoje v obcích Pardubického kraje, byl popsán v kapitole 3. Z důvodu modelování tří pilířů (ekonomického, environmentálního a sociálního) bylo nutné navrhnout modely tři, pro každý pilíř zvlášť, a poté vytvořit celkový model, jehož výstupem je udržitelný rozvoj pro každou obec. Tyto modely byly verifikovány v softwarovém prostředí MATLAB/Simulink. Návrh celého modelu je uveden na obr. č. 11. Vstupní parametry byly předzpracovány tak, jak bylo uvedeno v kapitole 4. Dále jsou navrženy modely IHFIS pro ekonomickou, environmentální a sociální oblast. Výstup těchto modelů pak představuje vstup do modelu IFIS UR, pomocí kterého je získán agregovaný indikátor udržitelného rozvoje pro obce Pardubického kraje.



Obrázek 11: Návrh modelu udržitelného rozvoje obcí Pardubického kraje. Zdroj: [vlastní]

5.1 Návrh IHFIS pro modelování ekonomické oblasti udržitelného rozvoje obcí Pardubického kraje

Pro modelování udržitelného rozvoje pro tuto strukturu bylo definováno $L = 5$ (počet vrstev) a $m = 10$ (počet vstupních indikátorů). Pro modelování ekonomické oblasti UR, byla navržena hierarchická struktura stromová. Výsledný návrh hierarchické stromové struktury je zobrazen v Příloze C na obr. č. 20. Vstupní indikátory jsou označeny x_1, x_2, \dots, x_{10} a reprezentují hodnoty ekonomických indikátorů definovaných v kapitole 4.2.1. Do každého

IFIS jsou zavedeny vždy dva vstupy. Výstupem je vždy hodnota určité části udržitelného rozvoje pro každou obec. Jsou navrženy vždy dva typy IFIS, a to IFISp, kde jsou vstupní indikátory reprezentovány pomocí funkce příslušnosti, a IFISn, kde jsou vstupní indikátory reprezentovány pomocí funkce nepříslušnosti.

Každý vstupní indikátor je reprezentován prostřednictvím 2 funkcí příslušnosti a nepříslušnosti. Jednotlivé funkce příslušnosti jsou reprezentovány pomocí jazykových proměnných „nizka“ a „vysoka“. Funkce nepříslušnosti jsou reprezentovány pomocí jazykových proměnných „notnizka“ a „notvysoka“. Příklad funkcí příslušnosti pro ekonomickou oblast jsou znázorněny v Přílohách D a E na obr. č. 23 až 30, pro vrstvy 1 a 5. Osa x reprezentuje vždy univerzum parametru a osa y funkce příslušnosti.

Báze podmíněných pravidel každého IFIS se skládá ze 4 podmíněných pravidel. Podmíněná pravidla v první vrstvě mají pro iFIS1_1p a iFIS1_1n následující tvar:

IF x1 is NIZKA AND x2 is NIZKA THEN y1_1p is NIZKA
 IF x1 is NIZKA AND x2 is VYSOKA THEN y1_1p is VYSOKA
 IF x1 is VYSOKA AND x2 is NIZKA THEN y1_1p is NIZKA
 IF x1 is VYSOKA AND x2 is VYSOKA THEN y1_1p is VYSOKA

(32)

IF x1 is NOTVYSOKA AND x2 is NOTVYSOKA THEN y1_1n is NOTVYSOKA
 IF x1 is NOTVYSOKA AND x2 is NOTNIZKA THEN y1_1n is NOTNIZKA
 IF x1 is NOTNIZKA AND x2 is NOTVYSOKA THEN y1_1n is NOTVYSOKA
 IF x1 is NOTNIZKA AND x2 is NOTNIZKA THEN y1_1n is NOTNIZKA

Vstupní parametry ve výstupní vrstvě jsou reprezentovány prostřednictvím 2 funkcí příslušnosti a nepříslušnosti a výstupní proměnná „Rating_EKO“, tvořená výstupy y5_1p a y5_1n, je reprezentována 3 funkcemi příslušnosti a nepříslušnosti. Jednotlivé funkce příslušnosti a nepříslušnosti jsou reprezentovány pomocí jazykových proměnných „nizka“, „stredni“, „vysoka“ resp. „notnizka“, „notstredni“, „notvysoka“. Báze podmíněných pravidel ve výstupní vrstvě (iFIS5_1p a iFIS5_1n), je tvořena vstupy z vrstev předchozích a má tvar:

IF y4_1p NIZKA AND y4_2p is NIZKA THEN y5_1p is NIZKA
 IF y4_1p is NIZKA AND y4_2p is VYSOKA THEN y5_1p is STREDNI
 IF y4_1p is VYSOKA AND y4_2p is NIZKA THEN y5_1p is STREDNI
 IF y4_1p is VYSOKA AND y4_2p is VYSOKA THEN y5_1p is VYSOKA

(33)

IF y4_1n is NOTVYSOKA AND y4_2n is NOTVYSOKA THEN y5_1n is NOTVYSOKA
 IF y4_1n is NOTVYSOKA AND y4_2n is NOTNIZKA THEN y5_1n is NOTSTREDNI
 IF y4_1n is NOTNIZKA AND y4_2n is NOTVYSOKA THEN y5_1n is NOTSTREDNI
 IF y4_1n is NOTNIZKA AND y4_2n is NOTNIZKA THEN y5_1n is NOTNIZKA

5.2 Návrh IHFIS pro modelování environmentální oblasti udržitelného rozvoje obcí Pardubického kraje

Pro modelování udržitelného rozvoje pro environmentální strukturu bylo definováno $L = 6$ a $m = 11$. Pro tento pilíř UR, byla navržena kombinace stromové a kaskádní hierarchické struktury. Výsledný návrh kombinované hierarchické struktury je zobrazen v Příloze C na obr. č. 21. Vstupní indikátory jsou označeny $x_{11}, x_{12}, \dots, x_{21}$ a reprezentují hodnoty environmentálních indikátorů definovaných v kapitole 4.2.2. Do každého IFIS jsou zavedeny vždy dva vstupy. Výstupem je vždy hodnota oblasti udržitelného rozvoje za každou obec modelovaná z hodnot vstupů. Jsou navrženy vždy dva typy IFIS, a to IFIS_p, kde jsou vstupní indikátory reprezentovány pomocí funkce příslušnosti, a IFIS_n, kde jsou vstupní indikátory reprezentovány pomocí funkce nepřislušnosti.

Každá vstupní proměnná je reprezentována prostřednictvím dvou funkcí příslušnosti a nepřislušnosti. Jednotlivé funkce příslušnosti jsou reprezentovány pomocí jazykových proměnných „nizka“ a „vysoka“. Funkce nepřislušnosti jsou reprezentovány pomocí jazykových proměnných „notvysoka“ a „notnizka“. Příklad funkcí příslušnosti pro environmentální oblast je znázorněny v Příloze F a G na obr. č. 31 až 38, pro vrstvy 1 a 6.

Báze podmíněných pravidel každého IFIS se skládá ze 4 podmíněných pravidel. Podmíněná pravidla v první vrstvě mají pro iFIS_{1p} a iFIS_{1n} následující tvar:

IF x11 is NIZKA AND x12 is NIZKA THEN y1-1p is NIZKA
 IF x11 is NIZKA AND x12 is VYSOKA THEN y1-1p is VYSOKA
 IF x11 is VYSOKA AND x12 is NIZKA THEN y1-1p is NIZKA
 IF x11 is VYSOKA AND x12 is VYSOKA THEN y1-1p is VYSOKA

(34)

IF x11 is NOTVYSOKA AND x12 is NOTVYSOKA THEN y1-1n is NOTVYSOKA
 IF x11 is NOTVYSOKA AND x12 is NOTNIZKA THEN y1-1n is NOTNIZKA
 IF x11 is NOTNIZKA AND x12 is NOTVYSOKA THEN y1-1n is NOTVYSOKA
 IF x11 is NOTNIZKA AND x12 is NOTNIZKA THEN y1-1n is NOTNIZKA

Vstupní parametry ve výstupní vrstvě jsou reprezentovány prostřednictvím 2 funkcí příslušnosti a nepříslušnosti a výstupní proměnná „Rating_ENV“, tvořená výstupy y_{6-1p} a y_{6-1n} , je reprezentována 3 funkcemi příslušnosti a nepříslušnosti. Jednotlivé funkce příslušnosti a nepříslušnosti jsou reprezentovány pomocí jazykových proměnných „nizka“, „stredni“, „vysoka“ resp. „notnizka“, „notstredni“, „notvysoka“. Báze podmíněných pravidel ve výstupní vrstvě (iFIS61p a iFIS61n), je tvořena vstupem z vrstvy předcházející a indikátoru x_{21} a má následující tvar:

IF y_{5-1p} NIZKA AND x_{21} is NIZKA THEN y_{6-1p} is NIZKA
 IF y_{5-1p} is NIZKA AND x_{21} is VYSOKA THEN y_{6-1p} is STREDNI
 IF y_{5-1p} is VYSOKA AND x_{21} is NIZKA THEN y_{6-1p} is STREDNI
 IF y_{5-1p} is VYSOKA AND x_{21} is VYSOKA THEN y_{6-1p} is VYSOKA

(35)

IF y_{5-1n} is NOTVYSOKA AND x_{21} is NOTVYSOKA THEN y_{6-1n} is NOTVYSOKA
 IF y_{5-1n} is NOTVYSOKA AND x_{21} is NOTNIZKA THEN y_{6-1n} is NOTSTREDNI
 IF y_{5-1n} is NOTNIZKA AND x_{21} is NOTVYSOKA THEN y_{6-1n} is NOTSTREDNI
 IF y_{5-1n} is NOTNIZKA AND x_{21} is NOTNIZKA THEN y_{6-1n} is NOTNIZKA

5.3 Návrh IHFIS pro modelování sociální oblasti udržitelného rozvoje obcí Pardubického kraje

Pro modelování udržitelného rozvoje pro sociální strukturu bylo definováno $L = 9$ a $m = 18$. Pro tento pilíř UR, byla navržena hierarchická struktura stromová. Výsledný návrh hierarchické stromové struktury je zobrazen v Příloze C na obr. č. 22. Vstupní indikátory jsou označeny $x_{22}, x_{23}, \dots, x_{39}$ a reprezentují hodnoty sociálních indikátorů definovaných v kapitole 4.2.3. Do každého IFIS jsou zavedeny vždy dva vstupy. Výstupem je vždy hodnota určité části udržitelného rozvoje za každou obec. Jsou navrženy vždy dva typy IFIS, a to IFIS_p, kde jsou vstupní indikátory reprezentovány pomocí funkce příslušnosti, a IFIS_n, kde jsou vstupní indikátory reprezentovány pomocí funkce nepříslušnosti. Každá vstupní proměnná je reprezentována prostřednictvím dvou funkcí příslušnosti a nepříslušnosti. Jednotlivé funkce příslušnosti jsou reprezentovány pomocí jazykových proměnných „nizka“ a „vysoka“. Funkce nepříslušnosti jsou reprezentovány pomocí jazykových proměnných „notvysoka“ a „notnizka“. Příklad funkcí příslušnosti pro sociální oblast jsou znázorněny v Příloze H a I na obr. č. 39 až 46, pro vrstvy 1 a 9.

Báze podmíněných pravidel každého IFIS se skládá ze 4 podmíněných pravidel. Podmíněná pravidla v první vrstvě mají pro iFIS1_1_p a iFIS1_1_n následující tvar:

IF x22 is NIZKA AND x23 is NIZKA THEN y1-1-p is NIZKA
IF x22 is NIZKA AND x23 is VYSOKA THEN y1-1-p is VYSOKA
IF x22 is VYSOKA AND x23 is NIZKA THEN y1-1-p is NIZKA
IF x22 is VYSOKA AND x23 is VYSOKA THEN y1-1-p is VYSOKA

(36)

IF x22 is NOTVYSOKA AND x23 is NOTVYSOKA THEN y1-1-n is NOTVYSOKA
IF x22 is NOTVYSOKA AND x23 is NOTNIZKA THEN y1-1-n is NOTNIZKA
IF x22 is NOTNIZKA AND x23 is NOTVYSOKA THEN y1-1-n is NOTVYSOKA
IF x22 is NOTNIZKA AND x23 is NOTNIZKA THEN y1-1-n is NOTNIZKA

Vstupní parametry ve výstupní vrstvě jsou reprezentovány prostřednictvím 2 funkcí příslušnosti a nepříslušnosti a výstupní parametr „Rating_SOC“, tvořený výstupy y9-1-p a y9-1-n, je reprezentován 3 funkcemi příslušnosti a nepříslušnosti. Jednotlivé funkce příslušnosti a nepříslušnosti jsou reprezentovány pomocí jazykových proměnných „nizka“, „stredni“, „vysoka“ resp. „notnizka“, „notstredni“, „notvysoka“. Báze podmíněných pravidel ve výstupní vrstvě (iFIS9_1_p a iFIS9_1_n), je tvořena vstupy z vrstvy předcházející a indikátoru x21 a má následující tvar:

IF y8-1-p NIZKA AND y8-2-p is NIZKA THEN y9-1-p is NIZKA
IF y8-1-p is NIZKA AND y8-2-p is VYSOKA THEN y9-1-p is STREDNI
IF y8-1-p is VYSOKA AND y8-2-p is NIZKA THEN y9-1-p is STREDNI
IF y8-1-p is VYSOKA AND y8-2-p is VYSOKA THEN y9-1-p is VYSOKA

(37)

IF y8-1-n is NOTVYSOKA AND y8-2-n is NOTVYSOKA THEN y9-1-n is NOTVYSOKA
IF y8-1-n is NOTVYSOKA AND y8-2-n is NOTNIZKA THEN y9-1-n is NOTSTREDNI
IF y8-1-n is NOTNIZKA AND y8-2-n is NOTVYSOKA THEN y9-1-n is NOTSTREDNI
IF y8-1-n is NOTNIZKA AND y8-2-n is NOTNIZKA THEN y9-1-n is NOTNIZKA

5.4 Model agregovaného udržitelného rozvoje obcí

Pro modelování agregovaného udržitelného rozvoje bylo definováno $L = 1$ a $m = 3$. Výsledný návrh struktury IFIS je zobrazen na obr. č. 12. Vstupní parametry jsou zde výstupy

z předchozích modelů IHFIS, a to y_{EKO} s výstupem $y5_1p$ a $y5_1n$, y_{ENV} s výstupem $y6-1p$ a $y6-1n$ a y_{SOC} s výstupem $y9-1-p$ a $y9-1-n$. Výstupem z modelu je hodnota agregovaného indikátoru udržitelného rozvoje pro každou obec. Jsou navrženy dva typy IFIS, a to IFISp, kde jsou vstupní parametry reprezentovány pomocí funkce příslušnosti, a IFISn, kde jsou vstupní parametry reprezentovány pomocí funkce nepříslušnosti. Každý vstupní parametr je reprezentován prostřednictvím třech funkcí příslušnosti a nepříslušnosti. Jednotlivé funkce příslušnosti jsou reprezentovány pomocí jazykových proměnných „nizka“, „stredni“ a „vysoka“. Funkce nepříslušnosti jsou reprezentovány pomocí jazykových proměnných „notnizka“, „notstredni“ a „notvysoka“.

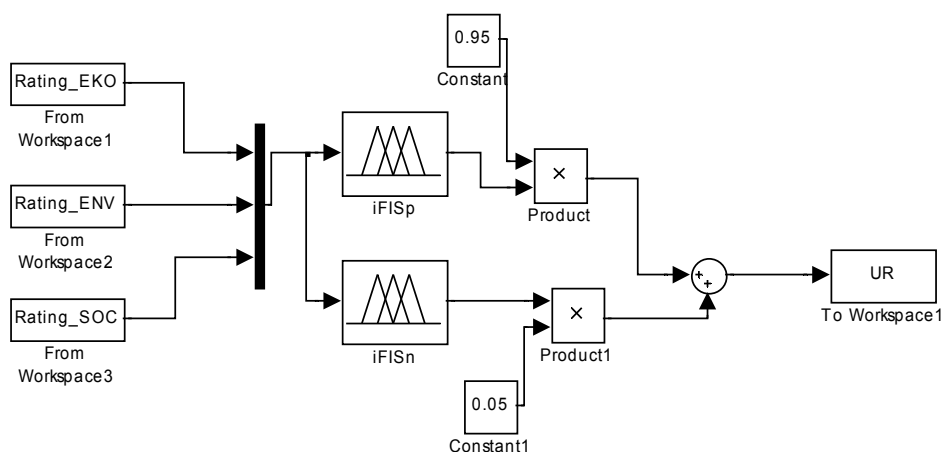
Báze podmíněných pravidel pro iFISp se třemi vstupy a třemi funkcemi příslušnosti ($y5_1p$, $y6-1p$, $y9-1-p$) je definována pomocí 27 podmíněných pravidel, a to:

IF $y5_1p$ is NIZKA AND $y6-1p$ is NIZKA AND $y9-1-p$ is NIZKA THEN iFISp is NIZKA
 IF $y5_1p$ is NIZKA AND $y6-1p$ is NIZKA AND $y9-1-p$ is STREDNI THEN iFISp is NIZKA
 IF $y5_1p$ is NIZKA AND $y6-1p$ is NIZKA AND $y9-1-p$ is VYSOKA THEN iFISp is NIZKA
 IF $y5_1p$ is NIZKA AND $y6-1p$ is STREDNI AND $y9-1-p$ is NIZKA THEN iFISp is NIZKA
 IF $y5_1p$ is NIZKA AND $y6-1p$ is VYSOKA AND $y9-1-p$ is NIZKA THEN iFISp is NIZKA
 IF $y5_1p$ is STREDNI AND $y6-1p$ is NIZKA AND $y9-1-p$ is NIZKA THEN iFISp is NIZKA (38)
 IF $y5_1p$ is VYSOKA AND $y6-1p$ is NIZKA AND $y9-1-p$ is NIZKA THEN iFISp is NIZKA
 IF $y5_1p$ is STREDNI AND $y6-1p$ is STREDNI AND $y9-1-p$ is STREDNI THEN iFISp is STREDNI
 IF $y5_1p$ is STREDNI AND $y6-1p$ is STREDNI AND $y9-1-p$ is VYSOKA THEN iFISp is STREDNI
 IF $y5_1p$ is STREDNI AND $y6-1p$ is STREDNI AND $y9-1-p$ is NIZKA THEN iFISp is STREDNI
 IF $y5_1p$ is STREDNI AND $y6-1p$ is NIZKA AND $y9-1-p$ is STREDNI THEN iFISp is STREDNI
 IF $y5_1p$ is STREDNI AND $y6-1p$ is VYSOKA AND $y9-1-p$ is STREDNI THEN iFISp is STREDNI
 IF $y5_1p$ is NIZKA AND $y6-1p$ is STREDNI AND $y9-1-p$ is STREDNI THEN iFISp is STREDNI
 IF $y5_1p$ is VYSOKA AND $y6-1p$ is STREDNI AND $y9-1-p$ is STREDNI THEN iFISp is STREDNI
 IF $y5_1p$ is VYSOKA AND $y6-1p$ is VYSOKA AND $y9-1-p$ is VYSOKA THEN iFISp is VYSOKA
 IF $y5_1p$ is VYSOKA AND $y6-1p$ is VYSOKA AND $y9-1-p$ is STREDNI THEN iFISp is VYSOKA
 IF $y5_1p$ is VYSOKA AND $y6-1p$ is VYSOKA AND $y9-1-p$ is NIZKA THEN iFISp is VYSOKA
 IF $y5_1p$ is VYSOKA AND $y6-1p$ is NIZKA AND $y9-1-p$ is VYSOKA THEN iFISp is VYSOKA
 IF $y5_1p$ is VYSOKA AND $y6-1p$ is STREDNI AND $y9-1-p$ is VYSOKA THEN iFISp is VYSOKA
 IF $y5_1p$ is NIZKA AND $y6-1p$ is VYSOKA AND $y9-1-p$ is VYSOKA THEN iFISp is VYSOKA
 IF $y5_1p$ is STREDNI AND $y6-1p$ is VYSOKA AND $y9-1-p$ is VYSOKA THEN iFISp is VYSOKA
 IF $y5_1p$ is NIZKA AND $y6-1p$ is STREDNI AND $y9-1-p$ is VYSOKA THEN iFISp is STREDNI
 IF $y5_1p$ is NIZKA AND $y6-1p$ is VYSOKA AND $y9-1-p$ is STREDNI THEN iFISp is STREDNI
 IF $y5_1p$ is STREDNI AND $y6-1p$ is NIZKA AND $y9-1-p$ is VYSOKA THEN iFISp is STREDNI

IF y5_1p is VYSOKA AND y6-1p is STREDNI AND y9-1-p is NIZKA THEN iFISp is STREDNI
 IF y5_1p is STREDNI AND y6-1p is VYSOKA AND y9-1-p is NIZKA THEN iFISp is STREDNI
 IF y5_1p is VYSOKA AND y6-1p is NIZKA AND y9-1-p is STREDNI THEN iFISp is STREDNI

Obdobně je definována báze 27 podmíněných pravidel pro iFISn se třemi vstupy (y5_1n, y6-1n, y9-1-n) a třemi funkcemi nepříslušnosti. Návrh modelu agregovaného udržitelného rozvoje je uveden na obr. č. 12. Hodnota dílu nejistoty, definovaná v kapitole 2.5, daná vztahem $\pi_A(x) = 1 - (\mu_A(x) + \nu_A(x))$ je rovna $\pi_A(x) = 0.05$. Potom ze vztahu (24), plyne:

$$y_{\eta} = 0.95 \times y_{\mu} + 0.05 \times y_{\nu} \quad (39)$$



Obrázek 12: Model udržitelného rozvoje. Zdroj: [vlastní]

5.5 Dílčí závěr

V této kapitole je popsána tvorba hierarchické struktury pro model udržitelného rozvoje obcí v Pardubickém kraji. Kapitola je rozdělená do třech částí, a v každé z nich je navržen dílčí model, z jehož výsledků je navržen výsledný model udržitelného rozvoje. V kapitole jsou uvedeny ukázky báze podmíněných pravidel, pro jednotlivé modely. Na závěr je definováno 27 podmíněných pravidel pro výstup agregovaného udržitelného rozvoje a zobrazen výsledný model. Dílčí modely IHFIS a průběhy funkcí příslušnosti jsou obsaženy v Přílohách C až I.

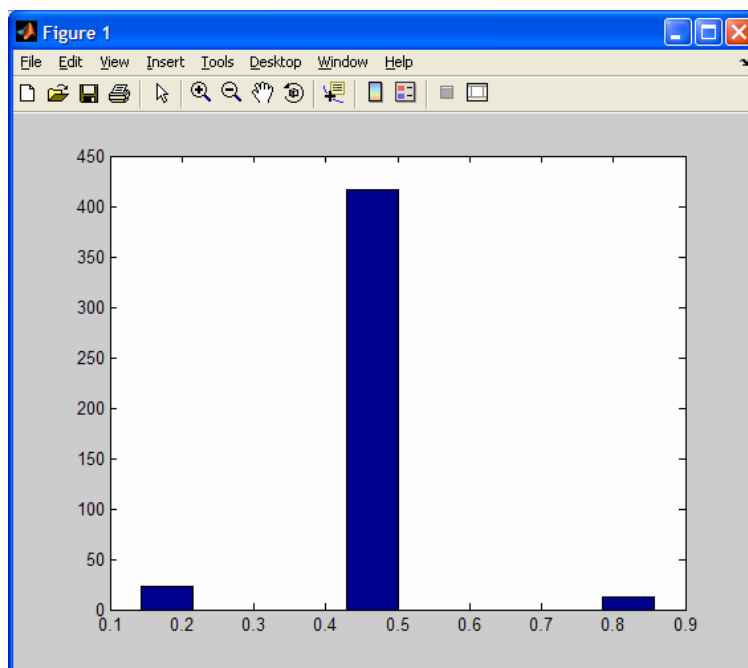
6. Analýza výsledků

Po navržení jednotlivých IFIS v editoru fuzzy inferenčních systémů (navržení vstupů, výstupů, počtu funkcí příslušnosti a báze podmíněných pravidel) a následném načtení do pracovního prostředí MATLAB-u (Workspace), navržení hierarchické struktury v prostředí MATLAB/Simulink a načtení vstupních dat do Workspace, byly navržené modely IHFIS_{EKO}, IHFIS_{ENV} a IHFIS_{SOC} verifikovány. Výsledky z těchto modelů byly opět načteny do Workspace a byl verifikován výsledný model udržitelného rozvoje.

6.1 Analýza výstupů jednotlivých IHFIS

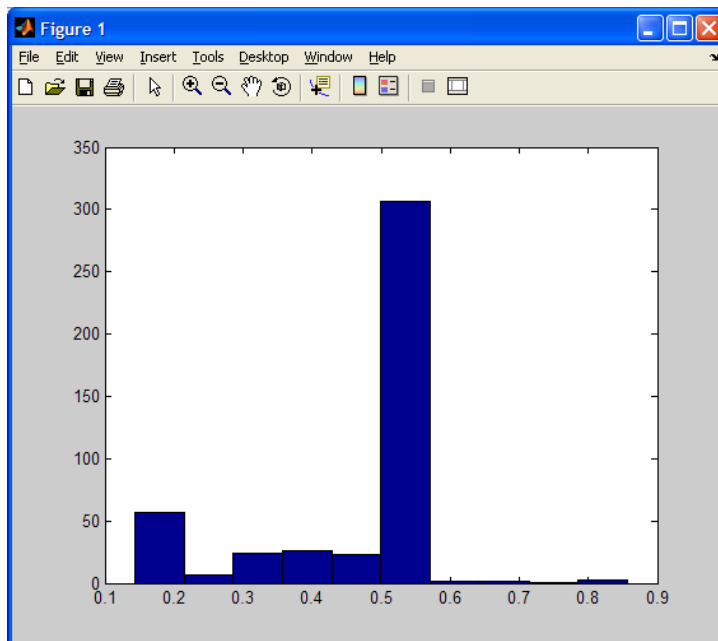
Na následujících obr. č. 13, 14 a 15 jsou znázorněny nejprve dílčí výsledky z ekonomického, environmentálního a sociálního modelu IHFIS. Tyto výsledky jsou reprezentovány defuzzifikačními hodnotami v intervalu [0,1]. Na ose x je zobrazena defuzzifikovaná hodnota dílčího udržitelného rozvoje a na ose y je zobrazeno počet obcí. Na obr. č. 19 jsou zobrazeny defuzzifikované hodnoty udržitelného rozvoje, které reprezentují výstup agregovaného modelu udržitelného rozvoje.

Z ekonomického hlediska se nejvíce obcí nachází na hodnotě 0,5 udržitelného rozvoje, jak dokládá obr. č. 13. To znamená, že většina obcí je z hlediska ekonomického pilíře průměrná, několik obcí má nízkou hodnotu a několik obcí vysokou hodnotu agregovaného ekonomického indikátoru.



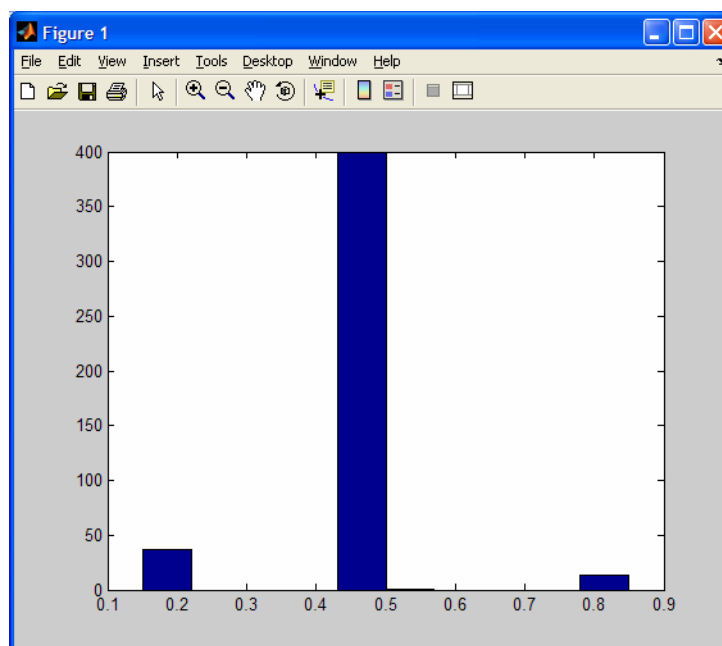
Obrázek 13: Výstup modelu IHFIS_{EKO}. Zdroj: [vlastní]

Z environmentálního hlediska se nejvíce obcí nachází na hodnotě kolem 0,5 udržitelného rozvoje, jak dokládá obr. č. 14. Je jen málo obcí, které dosahují nadprůměrných výsledků environmentální oblasti, zatím co existuje řada obcí s nízkou hodnotou agregovaného environmentálního indikátoru.



Obrázek 14: Výstup modelu IHFIS_{ENV}. Zdroj: [vlastní]

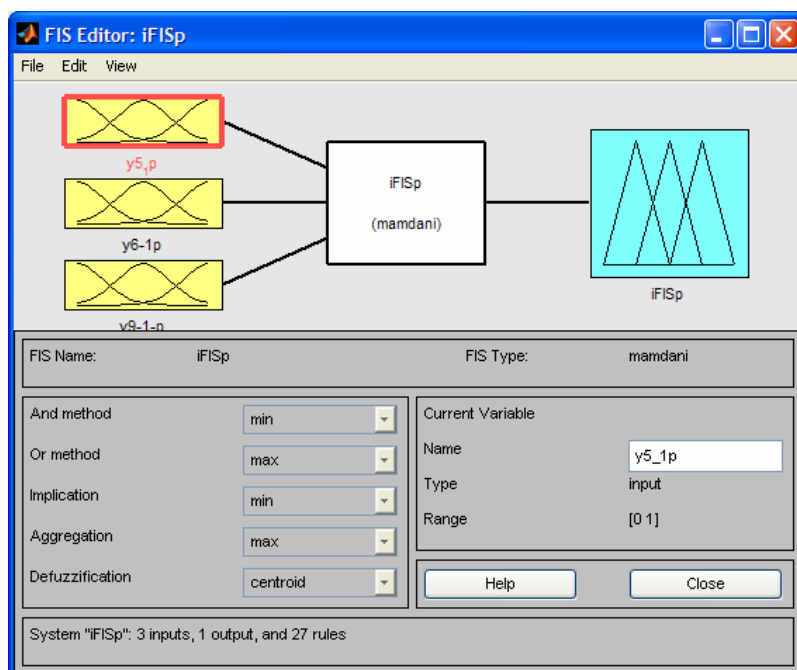
Na obr. č. 15 je znázorněno, že ze sociálního hlediska se nejvíce obcí nachází na hodnotě 0,5 udržitelného rozvoje. Opět je zde několik obcí podprůměrných a několik obcí nadprůměrných.



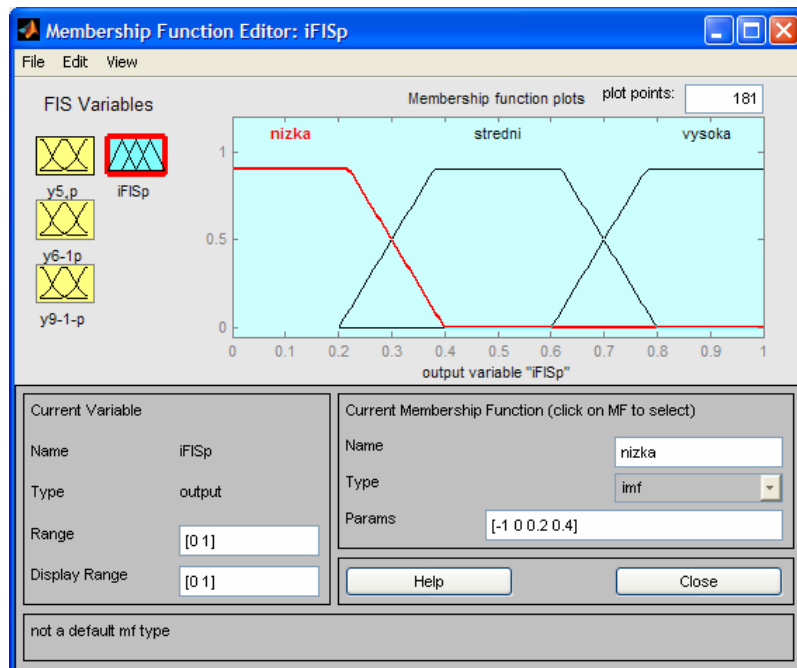
Obrázek 15: Výstup modelu IHFIS_{SOC}. Zdroj: [vlastní]

6.2 Analýza výstupu agregovaného modelu udržitelného rozvoje

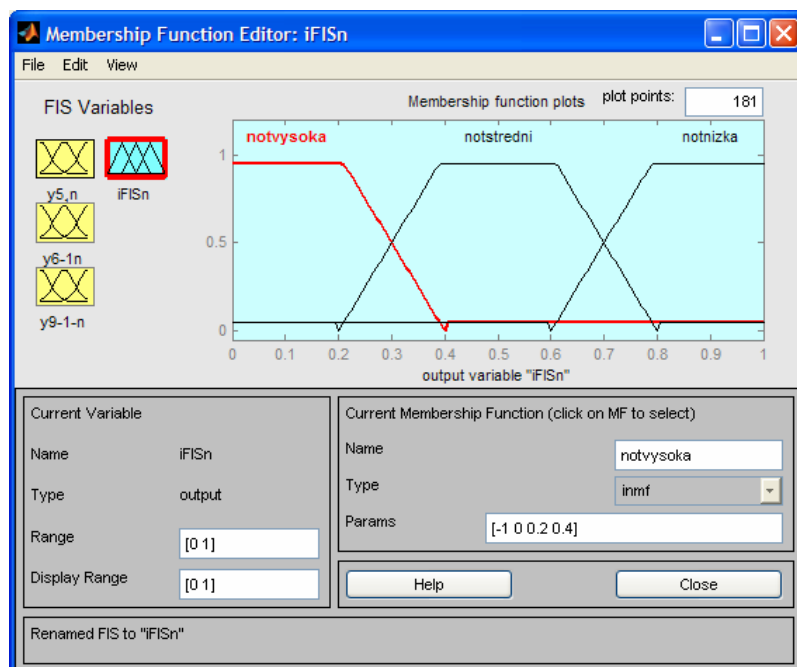
Na obr. č. 16 je zobrazen návrh iFISp pro agregovaný model udržitelného rozvoje. Společně s IFISn, mající obdobnou strukturu, tvoří agregovaný model udržitelného rozvoje. Z obr. č. 16 je patrné, že obsahuje 3 vstupy a 1 výstup. Na obr. č. 17 a 18 jsou zobrazeny výstupní funkce příslušnosti a nepříslušnosti z těchto IFIS a jejich průběh. V editoru funkcí příslušnosti bylo nastaveno univerzum pro vstupy [0 1]. Parametry funkcí příslušnosti pro jednotlivé vstupy byly nastaveny následujícím způsobem: „nizka“ [-1 0 0.2 0.4], „střední“ [0.2 0.4 0.6 0.8] a „vysoka“ [0.6 0.8 1 2]. Jednotlivé hodnoty parametru, uvedené v závorce, udávají souřadnice na ose x, pro významné (zlomové) body dané funkce. V tomto případě, jak je vidět např. z obr. č. 17 a 18, mají funkce 4 významné body, a proto jsou definované 4 parametry udávající jejich hodnotu. Obdobně byl nastaven i iFISn. Výsledek agregovaného udržitelného rozvoje v Pardubickém kraji dokládá obr. č. 19, z něhož je patrné, že nejvíce hodnot na intervalu [0,1], kde 1 značí vysokou hodnotu udržitelného rozvoje a 0 vypovídá o nulové úrovni udržitelného rozvoje, odpovídá průměru, tedy hodnotě kolem 0,4 - 0,5 agregovaného udržitelného rozvoje. Ukázka hodnot agregovaného udržitelného rozvoje je znázorněna v Příloze J v tabulce č. 13.



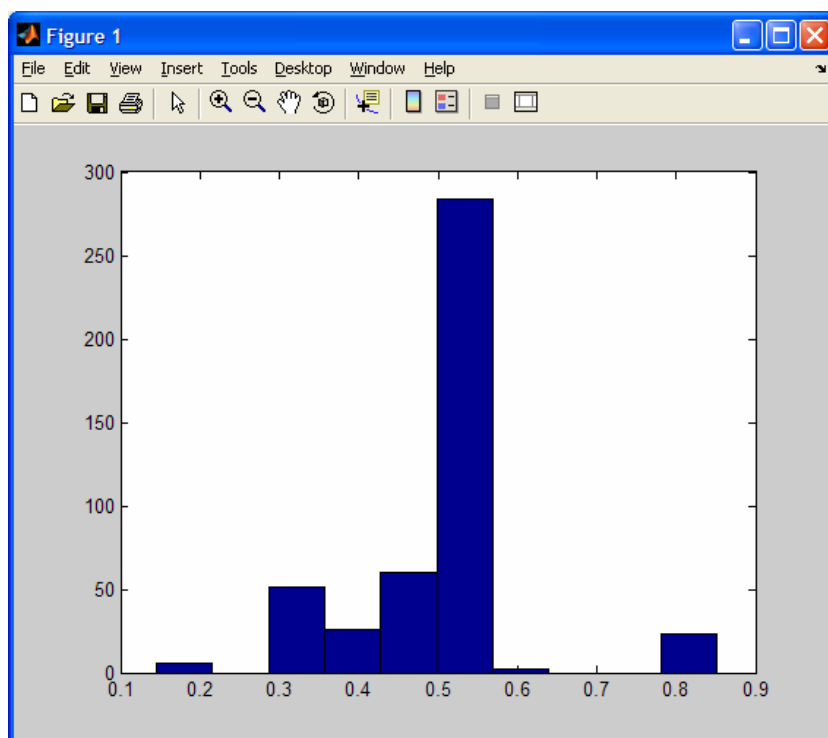
Obrázek 16: Návrh iFISp v modelu UR. Zdroj: [vlastní]



Obrázek 17: Průběh funkcí příslušností iFISp v modelu UR. Zdroj: [vlastní]



Obrázek 18: Průběh funkcí příslušností iFISn v modelu UR. Zdroj: [vlastní]



Obrázek 19: Výsledek udržitelného rozvoje v Pardubickém kraji. Zdroj: [vlastní]

Na rozdíl od běžného FIS umožňuje IFIS klasifikaci podle funkcí příslušnosti a nepříslušnosti. Tabulka č. 6 zobrazuje ukázkou výsledků klasifikace obcí dle funkcí příslušnosti a nepříslušnosti. Tato klasifikace byla provedena pomocí příkazu `evalmf` v softwarovém prostředí MATLAB/Simulink. Význam, popis a definice jednotlivých proměnných, uvedených v tabulce, je popsán v kapitole č. 2.5. Hodnoty třída 1, třída 2 a třída 3 odpovídají výstupním funkcím příslušnosti a nepříslušnosti modelu UR a jejich parametrům. Třída 1 reprezentuje funkce příslušnosti a nepříslušnosti „nizka“ a „notvysoka“. Třída 2 reprezentuje funkce příslušnosti a nepříslušnosti „stredni“ a „notstredni“. Třída 3 reprezentuje funkce příslušnosti a nepříslušnosti „vysoka“ a „notnizka“. Klasifikace obcí z hlediska funkcí příslušnosti a nepříslušnosti modelů ekonomického, environmentálního a sociálního je zobrazeno v Příloze K v tabulkách č. 14 až 16.

Tabulka 6: Hodnoty funkcí příslušnosti a nepříslušnosti modelu udržitelného rozvoje. Zdroj: [vlastní]

Obec	Model udržitelného rozvoje								
	Třída 1			Třída 2			Třída 3		
	μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	π
Benátky	0.51	0.44	0.05	0.49	0.46	0.05	0.05	0.90	0.05
Biskupice	0.33	0.62	0.05	0.67	0.28	0.05	0.05	0.90	0.05
Bor u Skutče	0.24	0.71	0.05	0.76	0.19	0.05	0.05	0.90	0.05
Břehy	0.33	0.62	0.05	0.67	0.28	0.05	0.05	0.90	0.05
Březina	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Bukovka	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05	0.05	0.90	0.05
Hradec nad Svitavou	0.18	0.77	0.05	0.82	0.13	0.05	0.05	0.90	0.05
Choteč	0.11	0.84	0.05	0.89	0.06	0.05	0.05	0.90	0.05
Chrastavec	0.14	0.81	0.05	0.86	0.09	0.05	0.05	0.90	0.05
Javorník	0.21	0.74	0.05	0.79	0.16	0.05	0.05	0.90	0.05
Kočí	0.20	0.75	0.05	0.80	0.15	0.05	0.05	0.90	0.05
Seč	0.33	0.62	0.05	0.67	0.28	0.05	0.05	0.90	0.05
Staré Ždánice	0.33	0.62	0.05	0.67	0.28	0.05	0.05	0.90	0.05
Starý Mateřov	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Vežvanovice	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Veliny	0.28	0.67	0.05	0.72	0.23	0.05	0.05	0.90	0.05
Vojtěchov	0.11	0.84	0.05	0.89	0.06	0.05	0.05	0.90	0.05
Voleč	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Zderaz	0.30	0.65	0.05	0.70	0.25	0.05	0.05	0.90	0.05
Žamberk	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05

6.3 Dílčí závěr

V této kapitole byly analyzovány výsledky intuitionistických fuzzy inferenčních systémů. Graficky jsou znázorněny dílčí výsledky za jednotlivé modely IHFIS_{EKO}, IHFIS_{ENV} a IHFIS_{SOC} a výsledek agregovaného udržitelného rozvoje obcí je znázorněn na konci kapitoly. Většina obcí Pardubického kraje spadá do průměru a krajní hodnoty udržitelnosti jsou zastoupeny méně obcemi. V závěru kapitoly je zobrazena klasifikace obcí dle hodnot funkcí příslušnosti a nepříslušnosti. Tato klasifikace je možná díky vlastnostem IFIS, který umožňuje realizovat zevšeobecnění neurčitosti oproti FIS.

Závěr

Problém modelování udržitelného rozvoje obcí pomocí tří pilířů udržitelného rozvoje v lokalitě Pardubického kraje byl řešen pomocí fuzzy logiky a modelu hierarchické struktury intuitionistických fuzzy inferenčních systémů.

V první části diplomové práce byla popsána problematika udržitelného rozvoje, jak na úrovni vnímání mezinárodními organizacemi, tak hlavně na místní a regionální úrovni. Dále byly uvedeny definice a přiblížení problematiky fuzzy množin a intuitionistické hierarchické struktury fuzzy inferenčních systémů. Byly popsány jednotlivé části všeobecné struktury FIS, definovány a znázorněny tři hierarchické struktury IHFIS – stromová, kaskádní a kombinace stromové a kaskádní. Další část práce je věnována návrhu modelu a předzpracování údajů, která zahrnuje odstranění chybějících hodnot a korelační analýzu.

Jedním z dílčích cílů práce bylo navržení indikátorů ovlivňujících udržitelný rozvoj v obcích Pardubického kraje. Indikátory byly navrženy v kapitole č. 4. Tyto indikátory byly rozděleny dle pilířů, a to na ekonomické, environmentální a sociální. Do pilíře ekonomického patří např.: koncentrace ekonomiky, dluhová služba nebo přijaté dotace na obyvatele, do environmentálního pilíře např.: koeficient ekologické stability či podíl orné půdy ze zemědělské půdy a do třetího pilíře sociálního např.: počet obyvatel či míra nezaměstnanosti. Indikátory byly navrženy na základě analýzy indikátorů udržitelného rozvoje uvedené v kapitole 1.

Cílem práce bylo navrhnout model na klasifikaci obcí podle jejich udržitelného rozvoje. Tento model byl navržen v kapitole 5 a realizován v softwarovém prostředí MATLAB/Simulink. Při tvorbě modelu udržitelného rozvoje byly realizovány modely dílčí, a to model ekonomický $IHFIS_{EKO}$, environmentální $IHFIS_{ENV}$ a sociální $IHFIS_{SOC}$. Výstupy z těchto modelů reprezentují vstupy modelu agregovaného udržitelného rozvoje obcí Pardubického kraje. Tyto modely byly následně verifikovány. Obce Pardubického kraje byly klasifikovány do tříd podle defuzzifikačních hodnot udržitelného rozvoje v intervalu $[0,1]$ a dále podle hodnot funkcí příslušnosti a nepříslušnosti. Výsledné rozdělení obcí odpovídá přibližně normálnímu rozdělení pravděpodobnosti, kde do krajních hodnot (třída 1 a třída 3) spadá malé množství obcí a do třídy 2, reprezentující průměrnou hodnotu udržitelného rozvoje, nejvíce obcí.

Seznam zkratek a symbolů

COG	Center of Gravity (Těžiště plochy)
Č.	Číslo
ČR	Česká republika
ECI	European Common Indicators (Společné evropské indikátory)
EKO	Ekonomický indikátor
ENV	Environmentální indikátor
EU	Evropská Unie
FIS	Fuzzy inferenční systém
HSFIS	Hierarchická struktura fuzzy inferenčního systému
IFIS	Intuitionistický fuzzy inferenční systém
IFS	Intuitionistic Fuzzy Sets (Intuitionistické fuzzy množiny)
IHFIS	Intuitionistický hierarchický fuzzy inferenční systém
JP	Jazyková (lingvistická) proměnná
MAX	Max Criterion Method (Metoda maximální hodnoty)
MOM	Mean of Maxima Method (Metoda středního maxima)
NATO	North Atlantic Treaty Organisation (Severoatlantická aliance)
Obr.	Obrázek
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development (Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj)
OSN	Organizace spojených národů
Rating	Hodnocení, výsledek
SOC	Sociální indikátor
SUR	Strategie udržitelného rozvoje
TIMUR	Týmová iniciativa pro místní udržitelný rozvoj
TOB	Trvale obydlený byt
TUR	Trvale udržitelný rozvoj
UR	Udržitelný rozvoj
VFL	Výroková fuzzy logika
WCED	World Commission on Environment and Development (Světová komise pro životní prostředí a rozvoj)
$\mu_A(x)$	Funkce příslušnosti

Seznam obrázků

Obrázek 1: Interakce mezi třemi pilíři udržitelného rozvoje – pohled OECD.....	18
Obrázek 2: Funkce příslušnosti typu S a Π	22
Obrázek 3: Trojúhelníková a lichoběžníková funkce příslušnosti	23
Obrázek 4: Funkce příslušnosti $\mu_I(x)$, $\mu_U(x)$, $\mu_{\neg A}(x)$	23
Obrázek 5: Všeobecná struktura fuzzy inferenčního systému.....	25
Obrázek 6: Agregační proces	28
Obrázek 7: Fuzzifikace dat pomocí funkce příslušnosti.....	28
Obrázek 8: Stromová struktura IHFIS	34
Obrázek 9: Kaskádní struktura IHFIS	35
Obrázek 10: Kombinace stromové a kaskádní struktury IHFIS.....	36
Obrázek 11: Návrh modelu udržitelného rozvoje obcí Pardubického kraje.....	50
Obrázek 12: Model udržitelného rozvoje	56
Obrázek 13: Výstup modelu IHFIS _{EKO}	57
Obrázek 14: Výstup modelu IHFIS _{ENV}	58
Obrázek 15: Výstup modelu IHFIS _{SOC}	58
Obrázek 16: Návrh iFISp v modelu UR.....	59
Obrázek 17: Průběh funkcí příslušností iFISp v modelu UR.....	60
Obrázek 18: Průběh funkcí příslušností iFISn v modelu UR.....	60
Obrázek 19: Výsledek udržitelného rozvoje v Pardubickém kraji	61
Obrázek 20: Ekonomický model	71
Obrázek 21: Environmentální model.....	72
Obrázek 22: Sociální model	73
Obrázek 23: Návrh funkce příslušnosti vstupního indikátoru x_1 pro iFIS1_1p.....	74
Obrázek 24: Návrh funkce příslušnosti vstupního indikátoru x_2 pro iFIS1_1p.....	74
Obrázek 25: Výstupní funkce příslušnosti z iFIS1_1p.....	75
Obrázek 26: Návrh funkce příslušnosti vstupního indikátoru x_1 pro iFIS1_1n.....	75
Obrázek 27: Návrh funkce příslušnosti vstupního indikátoru x_2 pro iFIS1_1n.....	76
Obrázek 28: Výstupní funkce příslušnosti z iFIS1_1n.....	76
Obrázek 29: Výstupní funkce příslušnosti iFIS5_1p z modelu IHFIS _{EKO}	77
Obrázek 30: Výstupní funkce příslušnosti iFIS5_1n z modelu IHFIS _{EKO}	77
Obrázek 31: Návrh funkce příslušnosti vstupního indikátoru x_{11} pro iFIS11p.....	78
Obrázek 32: Návrh funkce příslušnosti vstupního indikátoru x_{12} pro iFIS11p.....	78
Obrázek 33: Výstupní funkce příslušnosti z iFIS11p.....	79
Obrázek 34: Návrh funkce příslušnosti vstupního indikátoru x_{11} pro iFIS11n.....	79
Obrázek 35: Návrh funkce příslušnosti vstupního indikátoru x_{12} pro iFIS11n.....	80
Obrázek 36: Výstupní funkce příslušnosti z iFIS11n.....	80
Obrázek 37: Výstupní funkce příslušnosti iFIS61p z modelu IHFIS _{ENV}	81
Obrázek 38: Výstupní funkce příslušnosti iFIS61p z modelu IHFIS _{ENV}	81
Obrázek 39: Návrh funkce příslušnosti vstupního indikátoru x_{22} pro iFIS1_1_p.....	82
Obrázek 40: Návrh funkce příslušnosti vstupního indikátoru x_{23} pro iFIS1_1_p.....	82
Obrázek 41: Výstupní funkce příslušnosti z iFIS1_1_p.....	83
Obrázek 42: Návrh funkce příslušnosti vstupního indikátoru x_{22} pro iFIS1_1_n.....	83
Obrázek 43: Návrh funkce příslušnosti vstupního indikátoru x_{23} pro iFIS1_1_n.....	84
Obrázek 44: Výstupní funkce příslušnosti z iFIS1_1_n.....	84
Obrázek 45: Výstupní funkce příslušnosti iFIS9_1_p z modelu IHFIS _{SOC}	85
Obrázek 46: Výstupní funkce příslušnosti iFIS9_1_n z modelu IHFIS _{SOC}	85

Seznam tabulek

Tabulka 1: Vazby v udržitelném rozvoji	14
Tabulka 2: Přehled indikátorů udržitelného rozvoje v Pardubickém kraji na úrovni obcí.....	38
Tabulka 3: Korelační matice ekonomických indikátorů.....	40
Tabulka 4: Korelační matice environmentálních indikátorů.....	43
Tabulka 5: Korelační matice sociálních indikátorů.....	46
Tabulka 6: Hodnoty funkcí příslušnosti a nepříslušnosti modelu udržitelného rozvoje	62
Tabulka 7: Popisná statistika ekonomických indikátorů.....	69
Tabulka 8: Popisná statistika environmentálních indikátorů.....	69
Tabulka 9: Popisná statistika sociálních indikátorů	69
Tabulka 10: Ukázka ekonomických dat	70
Tabulka 11: Ukázka environmentálních dat.....	70
Tabulka 12: Ukázka sociálních dat.....	70
Tabulka 13: Hodnota UR pro vybrané obce.....	86
Tabulka 14: Hodnoty ekonomického modelu	87
Tabulka 15: Hodnoty environmentálního modelu.....	87
Tabulka 16: Hodnoty sociálního modelu.....	88

Seznam příloh

Příloha A Popisná statistika.....	69
Příloha B Ukázka vstupních dat	70
Příloha C Návrh hierarchických struktur IFIS v prostředí MATLAB/Simulink.....	71
Příloha D Návrh iFIS1_1 s ekonomickými indikátory x1 a x2.....	74
Příloha E Výstupní funkce příslušnosti a nepříslušnosti modelu IHFIS _{EKO}	77
Příloha F Návrh iFIS11 s environmentálními indikátory x11 a x12	78
Příloha G Výstupní funkce příslušnosti a nepříslušnosti modelu IHFIS _{ENV}	81
Příloha H Návrh iFIS1_1 se sociálními indikátory x22 a x23.....	82
Příloha I Výstupní funkce příslušnosti a nepříslušnosti IHFIS _{SOC}	85
Příloha J Defuzzifikované hodnoty udržitelného rozvoje obcí Pardubického kraje - ukázka..	86
Příloha K Hodnoty funkcí příslušnosti a nepříslušnosti obcí v jednotlivých modelech - ukázka	87

Použitá literatura

1. ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Vybrané oblasti udržitelného rozvoje v Pardubickém kraji* [online]. Pardubice: Oddělení regionálních analýz a informačních služeb Pardubice, 2007, 12. 4. 2009 [cit. 2009-04-13]. Dostupný z WWW: <<http://www.pardubice.czso.cz/xe/edicniplan.nsf/p/13-53n39-07>>. ISBN 978-80-250-16.
2. ČSÚ: *územně analytické podklady za obce České republiky* [online]. 16. 3. 2009 [cit. 2009-04-13]. Dostupný z WWW: <http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/csu_a_uzemne_analyticke_podklady_za_obce_ceske_republiky>.
3. EU 2001. *A Sustainable Europe for a Better World: A European Union Strategy for Sustainable Development* [online]. Brussels: 2001 [cit. 2009-04-16]. Dostupný z WWW: <http://europa.eu/index_cs.htm>.
4. HÁJEK, P., OLEJ, V. *Municipal Creditworthiness Modelling by means of Fuzzy Inference Systems and Neural Networks*. Proc. of 4th Int. Conference on Information Systems and Technology Management, TECSI-FEA USP, Sao Paulo, Brazil, May 30 – June 01, 2007, pp. 586-608, ISBN 978-99693-02-5.
5. HÁJEK, Petr. *Modelování bonity obcí metodami výpočetní inteligence*. Pardubice, 2006. 171 s. Univerzita Pardubice, Ústav systémového inženýrství a informatiky. Vedoucí dizertační práce Olej V.
6. HŘEBÍK, Štěpán, TŘEBICKÝ, Viktor. *Zrcadlo místní udržitelnosti: Manuál zpracování a využití sady indikátorů rozvoje pro malé obce*. Praha: EnviConsult, s.r.o., 2006 [cit. 2009-04-13], 48 s. Dostupný z WWW: <http://brouk.kr-ustecky.cz/soubory/450018/manual_str.01-48_b5.pdf>. ISBN 978 – 80 – 239 – 85.
7. KRAJSKÝ ÚŘAD PARDUBICKÉHO KRAJE. *Pardubický kraj* [online]. 2008 [cit. 2009-04-07]. Dostupný z WWW: <<http://www.pardubickykraj.cz>>.
8. KŘUPKA, J., OLEJ, V. *Hierarchical Structure of Decision Processes on the Basis of DSP Starter Kit*. Proc. of the 3rd International Mendel Conference on Genetic Algorithms, Optimization Problems, Fuzzy Logic and Neural Networks, MENDEL '97, Brno, Czech Republic, 1997, pp.210-214, ISBN 80-214-0884-7.
9. KUBANOVÁ, J. *Statistické metody pro ekonomickou a technickou praxi*. Bratislava: Statis, 2003. 247 s. ISBN 80-85659-31-X.
10. MINISTERSTVO PRÁCE A SOCIÁLNÍCH VĚCÍ ČR: *Formulace doporučení MPSV v oblasti sociálního pilíře udržitelného rozvoje vycházejících z mezinárodní komparace* [online]. [cit. 2009-4-13], s. 1-137. Dostupné z <http://www.mpsv.cz/files/clanky/2902/Zaverecna_zprava_2005.pdf>.
11. NOVÁK, V. *Fuzzy množiny a jejich aplikace*. Praha: SNTL, 1986 [cit. 2009-04-7], 278 s.

12. NOVÁK, V. *Základy fuzzy modelování*. 1.vyd. Praha: BEN, 2000 [cit. 2009-04-7], 175 s. ISBN 80-7300-009-1.
13. OECD 2001. *The Concept of Socially Sustainable Development: a Survey* [online]. Paris: 2001 [cit. 2009-04-16]. Dostupný z WWW: <://www.oecd.org/home/0,3305,en_2649_201185_1_1_1_1_1,00.html>.
14. OECD 2002. *Governance for Sustainable Development, Five OECD Case Studies* [online]. Paris: 2002 [cit. 2009-04-16]. Dostupný z WWW: <http://www.oecd.org/document/58/0,3343,en_2649_39263238_2763130_1_1_1_1,00.html>.
15. OLEJ, V. *Modelovanie ekonomických procesov na báze výpočtovej inteligencie*. Hradec Králové: Miloš Vognar - M&V, 2003 [cit. 2009-04-7], 160 s., ISBN 80-903024-9-1.
16. OLEJ, V., HÁJEK, P. *Air Quality Modelling by Intuitionistic Hierarchical Fuzzy Inference Systems and Intuitionistic Fuzzy Relation* . [s.l.] : [s.n.], v tisku. s. 1-16.
17. OLEJ, V., HÁJEK, P. *Air Quality Modelling by Kohonen's Self-organizing Feature Maps and Intuitionistic Fuzzy Sets*, Proc. Of the 12th IASTED International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing, ASC 2008, A. P. Pobil, (Eds.), Palma de Mallorca, Spain, ACTA Press, Calgary, Alberta, Canada, pp.22-27.
18. RADA VLÁDY PRO UDRŽITELNÝ ROZVOJ. *Situační zpráva ke Strategii udržitelného rozvoje ČR- příloha II: Soubor indikátorů udržitelného rozvoje České republiky*. Praha: [s. n.], 2001. 35 s.
19. ROGERS, Peter P., JALAL, Kazi F., BOYD, John A. *An Introduction to Sustainable Development*. [s. l.] : Earthscan, 2008. 416 s. Dostupný z WWW: <http://books.google.cz/books?id=GZ4Pvk0LVQMC&printsec=frontcover>. ISBN 9781844075218.
20. Týmová iniciativa pro místní udržitelný rozvoj. *Zrcadlo místní udržitelnosti: Evropské indikátory udržitelného rozvoje v praxi měst České republiky*. 2. aktualiz. vyd. Havlíčkův Brod: Studio Gabreta, 2005. [cit. 2009-04-13], 46 s. ISBN 80-903244-7.
21. ÚSTAV ÚZEMNÍHO ROZVOJE ČR [online]. [cit. 2009-4-13]. Dostupné z <http://www.uur.cz/images/pap/KapitolaA/A13_SledovaniHodnoceniUdrzitelnostiRozvoje_20061206.pdf>.

Příloha A Popisná statistika

Tabulka 7: Popisná statistika ekonomických indikátorů. Zdroj: [vlastní]

Popisná statistika-EKO	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10
Suma	89.46	444.47	30.78	1884974.52	544.74	36.84	101.30	31379232.37	3185877.40	89794.29
Průměr (aritmetický)	0.20	0.99	0.07	4179.54	1.21	0.08	0.22	69577.01	7064.03	199.10
Modus	#N/A	1.09	0.00	0.00	#N/A	#N/A	0.00	#N/A	#N/A	147.54
Medián	0.19	0.95	0.03	1262.03	1.18	0.06	0.19	55281.35	3429.48	193.99
Maximum	0.44	1.09	0.82	306480.82	2.59	0.62	0.83	820591.81	63499.69	761.63
Minimum	0.11	0.93	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	5422.78	74.89	43.81
Rozptyl	0.00	0.00	0.01	249948897.46	0.13	0.01	0.03	4260244001.67	116366402.88	3301.10
Směrodatná odchylka	0.05	0.06	0.11	15809.77	0.36	0.08	0.18	65270.54	10787.33	57.46
1.Kvartil	0.16	0.94	0.00	155.28	1.05	0.03	0.09	37742.32	1167.17	167.29
3. Kvartil	0.23	1.09	0.09	4317.26	1.36	0.10	0.34	82393.14	7267.86	223.29
Počet záznamů	451.00	451.00	451.00	451.00	451.00	451.00	451.00	451.00	451.00	451.00
Rozpětí	0.33	0.16	0.82	306480.82	2.33	0.62	0.83	815169.03	63424.81	717.81

Tabulka 8: Popisná statistika environmentálních indikátorů. Zdroj: [vlastní]

Popisná statistika-ENV	x11	x12	x13	x14	x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21
Suma	119.00	174.00	32998.50	3776.30	639.00	537.01	20.79	3.51	130.55	332.10	601.92
Průměr (aritmetický)	0.26	0.39	73.17	8.37	1.42	1.19	0.05	0.01	0.29	0.74	1.33
Modus	0.00	0.00	82.50	5.80	0.20	0.07	0.05	0.00	0.33	0.00	1.58
Medián	0.00	0.00	77.50	6.90	0.70	0.74	0.04	0.00	0.21	0.39	1.18
Maximum	1.00	1.00	97.60	55.10	14.60	13.78	0.16	0.27	2.21	8.78	6.15
Minimum	0.00	0.00	2.10	2.50	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
Rozptyl	0.19	0.24	299.10	33.48	3.78	2.46	0.00	0.00	0.09	1.19	0.63
Směrodatná odchylka	0.44	0.49	17.29	5.79	1.94	1.57	0.02	0.02	0.30	1.09	0.80
1.Kvartil	0.00	0.00	62.40	5.50	0.30	0.34	0.03	0.00	0.09	0.11	0.83
3. Kvartil	1.00	1.00	85.80	9.00	1.65	1.39	0.06	0.01	0.39	0.87	1.69
Počet záznamů	451.00	451.00	451.00	451.00	451.00	451.00	451.00	451.00	451.00	451.00	451.00
Rozpětí	1.00	1.00	95.50	52.60	14.60	13.75	0.16	0.27	2.21	8.78	6.11

Tabulka 9: Popisná statistika sociálních indikátorů. Zdroj: [vlastní]

Popisná statistika-SOC	x22	x23	x24	x25	x26	x27	x28	x29	x30	x31	x32	x33	x34	x35	x36	x37	x38	x39
Suma	119.04	50.44	48.25	9.51	156.42	32.42	43718.21	15324.66	10212.40	505444.00	5281.53	1399.97	114.00	3074.00	6886.90	6821.46	1.45	1.00
Průměr (aritmetický)	0.26	0.11	0.11	0.02	0.35	0.07	96.94	33.98	22.64	1120.72	11.71	3.10	0.25	6.82	15.27	15.13	0.00	0.00
Modus	0.25	0.13	0.00	0.00	0.30	0.00	100.00	0.00	0.00	163.00	9.09	0.00	0.00	-1.00	16.30	14.29	0.00	0.00
Medián	0.27	0.12	0.07	0.00	0.34	0.05	98.81	34.87	10.43	340.00	10.47	2.86	0.00	2.00	15.40	14.28	0.00	0.00
Maximum	0.46	0.22	1.08	0.40	0.67	0.72	100.00	96.60	99.54	88181.00	50.00	16.18	1.00	555.00	30.10	36.36	0.10	1.00
Minimum	0.06	0.01	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	27.00	0.00	0.00	0.00	-129.00	3.30	5.99	0.00	0.00
Rozptyl	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	122.98	1035.01	808.44	21835370.61	34.62	3.72	0.19	1492.57	9.56	17.88	0.00	0.00
Směrodatná odchylka	0.07	0.05	0.12	0.04	0.05	0.08	11.09	32.17	28.43	4672.83	5.88	1.93	0.43	38.63	3.09	4.23	0.01	0.05
1.Kvartil	0.22	0.08	0.04	0.00	0.32	0.02	97.71	0.19	0.00	192.00	7.61	1.82	0.00	-2.00	13.50	12.55	0.00	0.00
3. Kvartil	0.31	0.14	0.13	0.02	0.37	0.10	99.49	64.22	38.41	751.50	14.29	4.03	1.00	7.00	17.10	17.06	0.00	0.00
Počet záznamů	451.00	451.00	451.00	451.00	451.00	451.00	451.00	451.00	451.00	451.00	451.00	451.00	451.00	451.00	451.00	451.00	451.00	451.00
Rozpětí	0.40	0.21	1.08	0.40	0.51	0.72	100.00	96.60	99.54	88154.00	50.00	16.18	1.00	684.00	26.80	30.38	0.10	1.00

Příloha B Ukázka vstupních dat

Tabulka 10: Ukázka ekonomických dat. Zdroj: [vlastní]

Vstupní data EKO	EKO1	EKO2	EKO3	EKO4	EKO5	EKO6	EKO7	EKO8	EKO9	EKO10	EKO11	EKO12	EKO13
Albrechtice	60.89	0.19	0.96	0.00	454.14	1.47	0.02	0.22	0.02	44237.48	9341.00	1920.23	178.43
Anenská Studánka	46.15	0.19	0.96	0.11	1367.00	1.05	0.01	0.03	0.12	48054.66	8217.44	2032.22	89.47
Banín	63.45	0.21	0.93	0.00	84.74	1.28	0.18	0.10	0.10	93458.74	12548.42	2083.03	194.81
Barchov	63.29	0.21	1.09	0.00	140.32	1.09	0.07	0.12	0.04	66754.56	9289.12	352.86	285.71
Bělá nad Svitavou	65.61	0.29	0.93	0.50	8033.22	0.96	0.14	0.28	0.30	68529.32	18401.29	12803.95	144.35
Bělá u Jevíčka	62.43	0.20	0.93	0.04	2762.38	1.15	0.07	0.36	0.06	21808.50	9011.90	977.83	149.86
Lichkov	48.39	0.15	0.96	0.00	173.71	0.99	0.07	0.03	0.05	40784.90	12619.37	5816.12	216.85
Linhartice	67.19	0.28	0.93	0.07	1375.69	1.15	0.05	0.28	0.06	72495.10	12614.98	3888.50	166.95
Lipoltice	47.17	0.16	1.09	0.04	5279.41	1.25	0.04	0.48	0.27	67881.83	16831.43	5136.21	265.42
Lipovec	59.34	0.19	0.95	0.21	4992.65	1.21	0.03	0.01	0.05	53264.98	7802.80	766.52	136.15
Líšnice	63.95	0.19	0.96	0.00	406.49	1.34	0.02	0.15	0.01	58506.80	10091.28	3313.41	201.32
Litomyšl	42.06	0.14	0.93	0.06	13119.72	0.41	0.07	0.11	0.63	146993.95	80139.74	63499.69	241.09
Litošice	64.58	0.19	1.09	0.00	203.97	0.90	0.20	0.00	0.06	54272.16	10297.71	2037.96	313.13
Ráby	46.54	0.17	1.09	0.00	102.22	1.27	0.06	0.22	0.00	36195.70	8732.55	2150.35	306.74
Radhošť	52.00	0.17	1.09	0.00	157.71	1.53	0.07	0.38	0.27	58739.18	10624.78	8014.79	220.24
Radiměř	60.87	0.16	0.93	0.00	115.33	0.86	0.07	0.07	0.23	77796.70	17599.48	5546.36	145.42
Radkov	64.06	0.24	0.93	0.00	169.50	0.75	0.01	0.04	0.25	25442.93	10810.72	5690.25	155.74
Raná	64.56	0.24	0.95	0.16	2081.73	1.23	0.16	0.09	0.00	67759.48	13359.61	4730.57	186.63
Rohovládova Bělá	53.64	0.18	1.09	0.08	363.22	1.05	0.09	0.09	0.11	104170.74	32561.13	19239.44	287.28

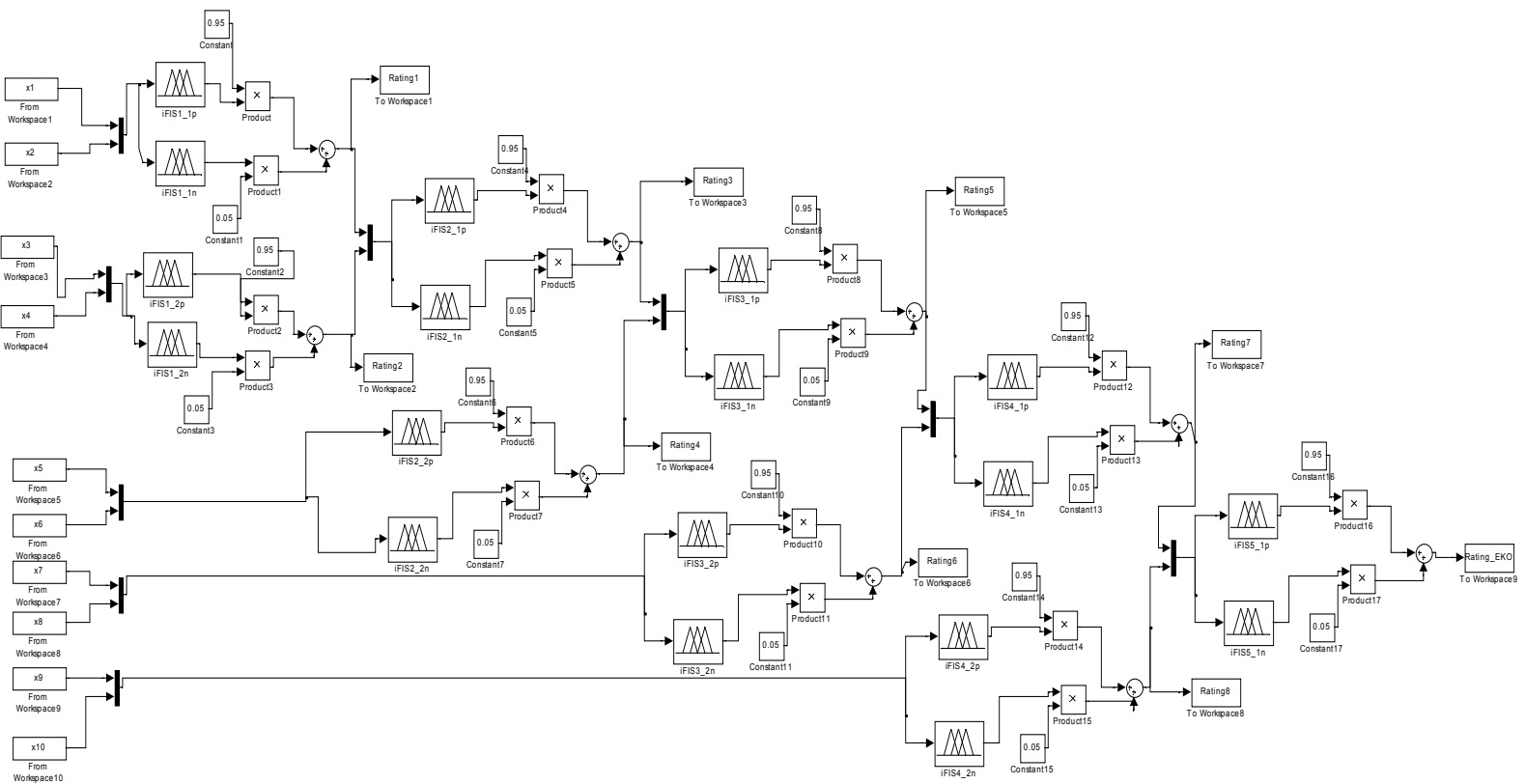
Tabulka 11: Ukázka environmentálních dat. Zdroj: [vlastní]

Vstupní data ENV	ENV1	ENV2	ENV3	ENV4	ENV5	ENV6	ENV7	ENV8	ENV9	ENV10	ENV11	ENV12	ENV13	ENV14	ENV15	ENV16	ENV17
Bukovka	1.00	0.00	86.50	10.10	5.20	9.20	22.90	0.63	0.69	0.03	0.00	0.09	0.32	0.87	0.11	0.02	0.04
Bylany	0.00	1.00	93.90	3.60	9.50	0.50	0.00	0.65	0.07	0.02	0.00	0.03	0.00	0.89	0.00	0.02	0.05
Bystré	1.00	0.00	61.60	34.40	10.40	0.90	29.00	1.08	1.12	0.02	0.00	0.17	0.24	0.50	0.03	0.04	0.27
Bystřec	0.00	1.00	69.20	26.90	8.20	0.30	22.80	1.80	0.79	0.04	0.00	0.30	0.37	1.12	0.01	0.03	0.28
Býšť	0.00	1.00	68.30	28.30	3.70	0.70	59.30	1.76	2.52	0.03	0.00	0.25	1.46	0.89	0.05	0.06	0.20
Skuteč	1.00	0.00	64.90	29.00	11.70	0.70	20.30	3.22	0.81	0.02	0.01	0.13	0.14	0.45	0.05	0.14	0.73
Slatina	0.00	1.00	71.00	25.50	13.50	0.00	22.30	0.38	0.69	0.06	0.01	0.50	0.68	1.95	0.00	0.01	0.10
Slatina	1.00	0.00	62.80	33.60	7.20	1.40	0.50	0.51	0.55	0.03	0.00	0.33	0.01	0.99	0.01	0.01	0.05
Slatiňany	1.00	0.00	80.80	8.00	13.20	2.40	32.60	1.36	0.82	0.02	0.01	0.02	0.13	0.20	0.08	0.12	0.31
Slepotice	0.00	1.00	95.10	2.20	6.70	1.50	0.40	1.35	0.07	0.04	0.00	0.03	0.01	1.53	0.02	0.03	0.07
Tuněchody	0.00	1.00	94.10	0.70	10.90	1.20	0.00	1.13	0.07	0.03	0.03	0.01	0.00	0.99	0.02	0.04	0.11
Turkovice	0.00	0.00	81.30	13.50	7.00	2.30	22.40	0.61	0.60	0.06	0.01	0.19	0.46	1.41	0.03	0.02	0.06
Týništko	0.00	1.00	75.20	20.30	5.40	1.20	60.80	0.21	2.36	0.04	0.00	0.18	1.62	0.86	0.01	0.01	0.04
Úherčice	0.00	0.00	65.60	29.40	9.30	0.70	33.80	0.22	1.16	0.06	0.01	0.41	0.84	1.39	0.00	0.01	0.05
Uhersko	0.00	1.00	79.10	16.90	7.40	2.50	7.60	0.50	0.38	0.04	0.00	0.18	0.10	1.07	0.02	0.01	0.04
Vlčkov	0.00	0.00	61.70	34.10	4.20	0.00	36.70	0.21	1.46	0.07	0.00	0.58	1.06	1.70	0.00	0.01	0.02
Voďerady	0.00	1.00	78.70	16.60	5.00	0.00	15.40	1.02	0.48	0.09	0.00	0.32	0.37	1.93	0.00	0.02	0.06
Vojtěchov	0.00	0.00	75.80	19.50	8.80	0.30	22.40	0.77	0.64	0.05	0.00	0.23	0.39	1.18	0.00	0.01	0.12

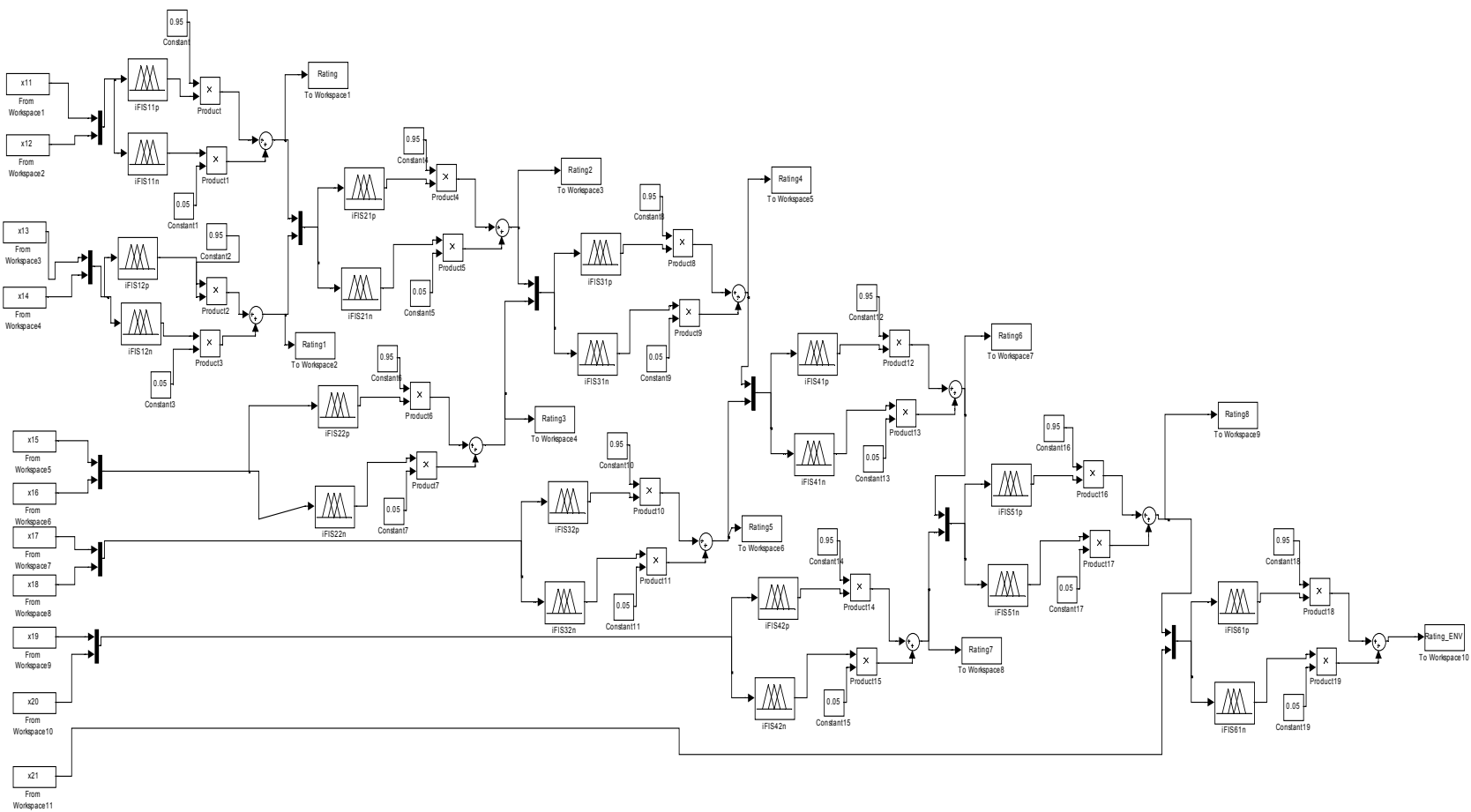
Tabulka 12: Ukázka sociálních dat. Zdroj: [vlastní]

Vstupní data SOC	SOC	SOC	SOC3	SOC	SOC	SOC7	SOC	SOC9	SOC10	SOC11	SOC12	SOC13	SOC14	SOC15	SOC16	SOC17	SOC18	SOC19	SOC20	SOC21	SOC22	SOC23	SOC24	
Janůvky	0.19	0.06	-2.00	0.56	0.06	0.00	0.58	0.53	100.00	0.00	0.00	36.00	5.56	4.88	0.00	-1.00	6.30	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.14
Jaroměřice	0.35	0.06	2.00	0.94	0.05	0.04	0.36	0.04	99.13	67.77	90.36	1235.00	17.17	2.90	0.00	-15.00	14.60	14.57	0.00	0.00	0.00	11.00	9.00	0.05
Jaroslav	0.32	0.21	0.00	1.08	0.06	0.00	0.31	0.05	100.00	2.83	15.57	214.00	14.56	2.40	0.00	7.00	16.70	9.86	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	0.03
Jarošov	0.24	0.14	-2.00	0.99	0.06	0.01	0.37	0.21	98.91	3.80	0.00	184.00	7.41	3.80	0.00	6.00	18.20	17.13	0.01	0.00	0.00	1.00	3.00	0.02
Javorník	0.46	0.15	3.00	1.21	0.09	0.07	0.47	0.02	100.00	3.28	13.73	250.00	7.89	4.40	0.00	-5.00	17.50	13.41	0.00	0.00	0.00	5.00	2.00	0.06
Kunčina	0.22	0.07	1.00	1.08	0.04	0.00	0.30	0.03	98.38	47.35	8.72	1242.00	18.97	2.31	1.00	28.00	17.40	12.43	0.01	0.00	0.00	12.00	11.00	0.09
Kunětice	0.32	0.17	1.00	1.18	0.02	0.00	0.32	0.02	97.97	86.99	17.89	264.00	11.57	1.57	0.00	1.00	16.30	14.55	0.00	0.00	0.00	4.00	3.00	0.03
Kunvald	0.19	0.07	7.00	0.98	0.03	0.02	0.36	0.07	99.11	0.00	23.37	1011.00	10.50	3.87	0.00	1.00	15.70	13.38	0.00	0.00	0.00	13.00	6.00	0.04
Květná	0.22	0.10	2.00	1.24	0.12	0.00	0.35	0.05	99.69	2.48	11.46	318.00	12.58	5.10	1.00	25.00	21.80	9.00	0.01	0.00	0.00	5.00	3.00	0.05
Labské Chrčice	0.33	0.13	4.00	0.75	0.06	0.00	0.33	0.16	96.55	0.00	0.00	135.00	15.28	0.71	0.00	8.00	16.30	11.43	0.01	0.00	0.00	4.00	0.00	0.05
Mrákotín	0.28	0.15	2.00	0.86	0.10	0.00	0.31	0.05	98.30	28.05	19.26	355.00	11.76	1.42	0.00	1.00	18.00	15.61	0.00	0.00	0.00	6.00	4.00	0.03
Nabočany	0.32	0.12	0.00	0.80	0.24	0.01	0.40	0.05	99.18	0.82	17.21	116.00	11.86	2.52	0.00	1.00	21.40	12.40	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	0.03
Načešice	0.31	0.14	-2.00	1.03	0.08	0.00	0.34	0.04	99.41	35.50	10.06	520.00	11.87	2.11	0.00	9.00	16.30	14.56	0.01	0.00	0.00	4.00	6.00	0.04
Nasavrky	0.21	0.05	-6.00	1.09	0.07	0.09	0.33	0.05	71.33	71.33	40.24	1614.00	14.39	5.06	0.00	-2.00	15.90	13.50	0.00	0.00	0.00	10.00	16.00	0.04
Želivsko	0.29	0.08	-1.00	0.86	0.00	0.00	0.44	0.13	88.00	6.00	0.00	48.00	23.81	0.00	0.00	-1.00	20.50	27.45	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.06
Žichlínek	0.25	0.09	-1.00	1.16	0.33	0.00	0.32	0.00	99.75	63.56	13.24	821.00	5.02	3.66	1.00	5.00	15.90	11.47	0.00	0.00	0.00	8.00	9.00	0.02
Žvanice	0.36	0.12	6.00	1.03	0.06	0.00	0.35	0.02	98.42	74.18	0.00	815.00	10.59	2.68	0.00	8.00	16.40	16.03	0.00	0.00	0.00	13.00	7.00	0.02

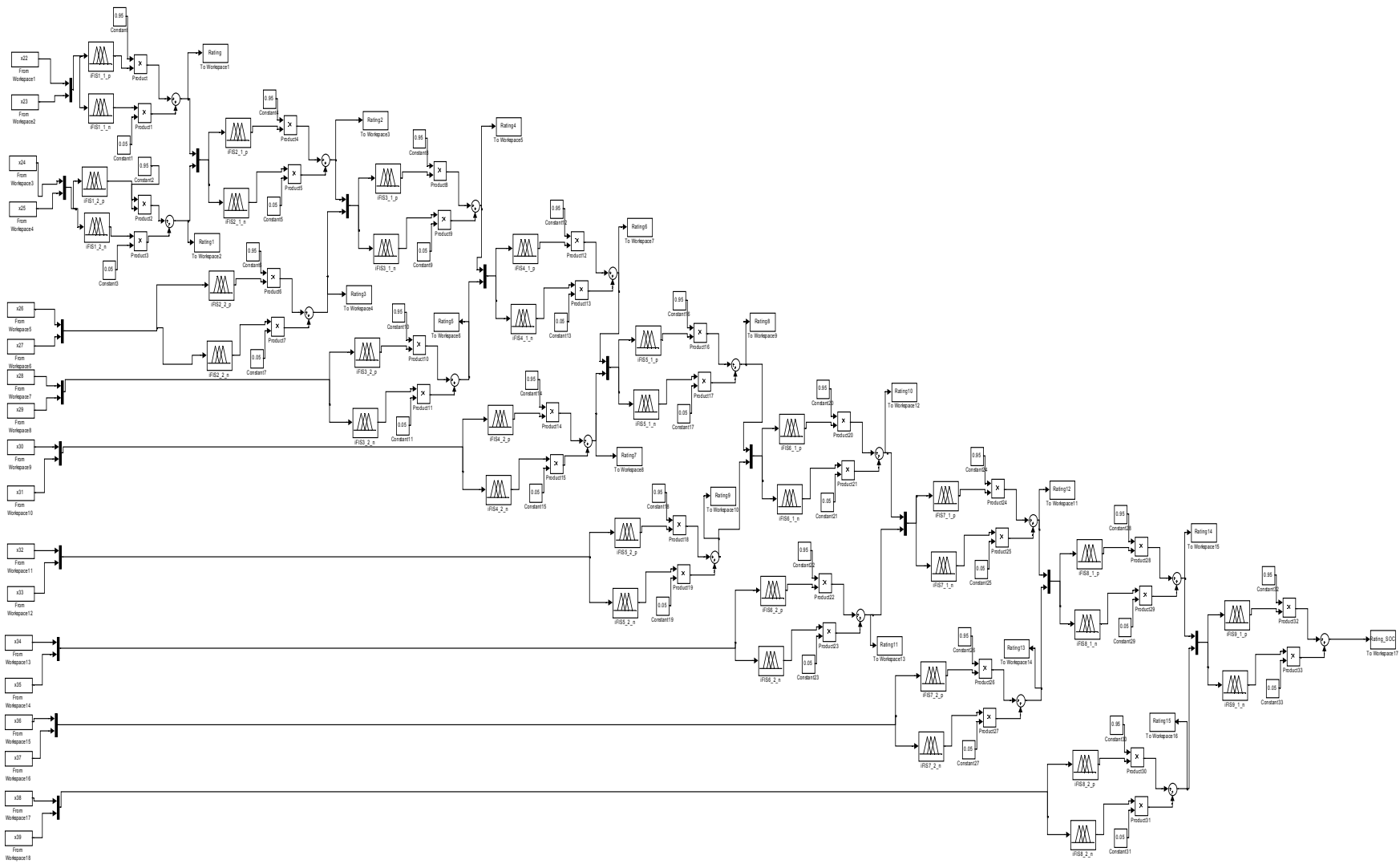
Příloha C Návrh hierarchických struktur IFIS v prostředí MATLAB/Simulink



Obrázek 20: Ekonomický model. Zdroj: [vlastní]

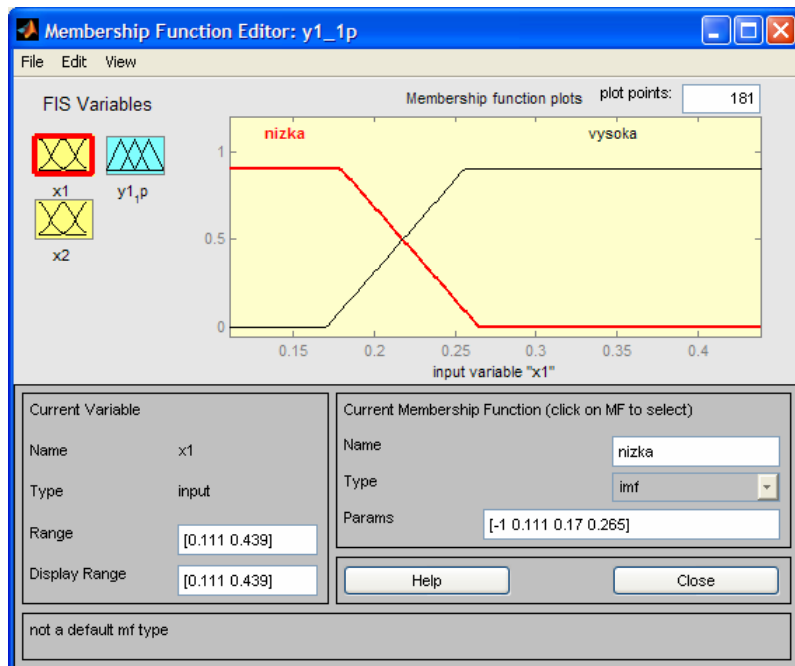


Obrázek 21: Environmentální model. Zdroj: [vlastní]

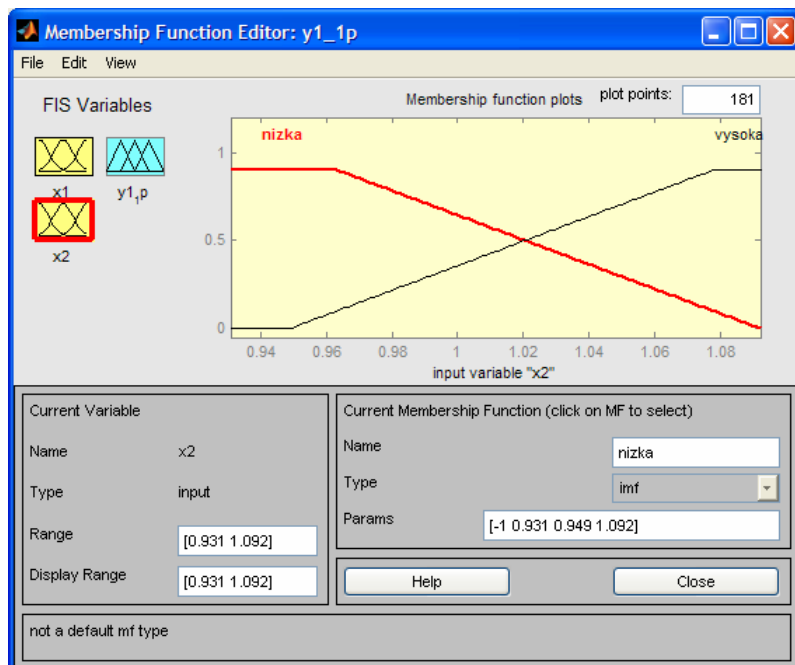


Obrázek 22: Sociální model. Zdroj: [vlastní]

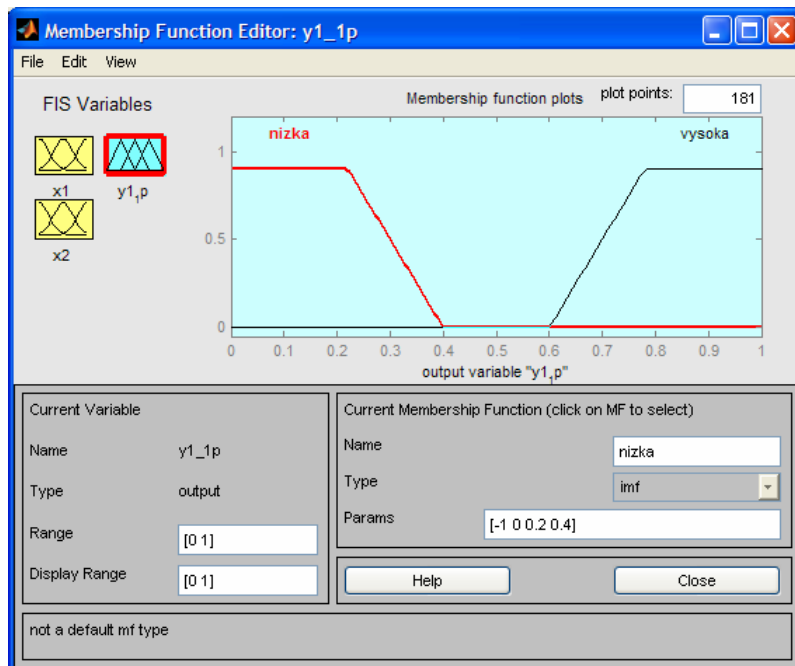
Příloha D Návrh iFIS1_1 s ekonomickými indikátory x1 a x2



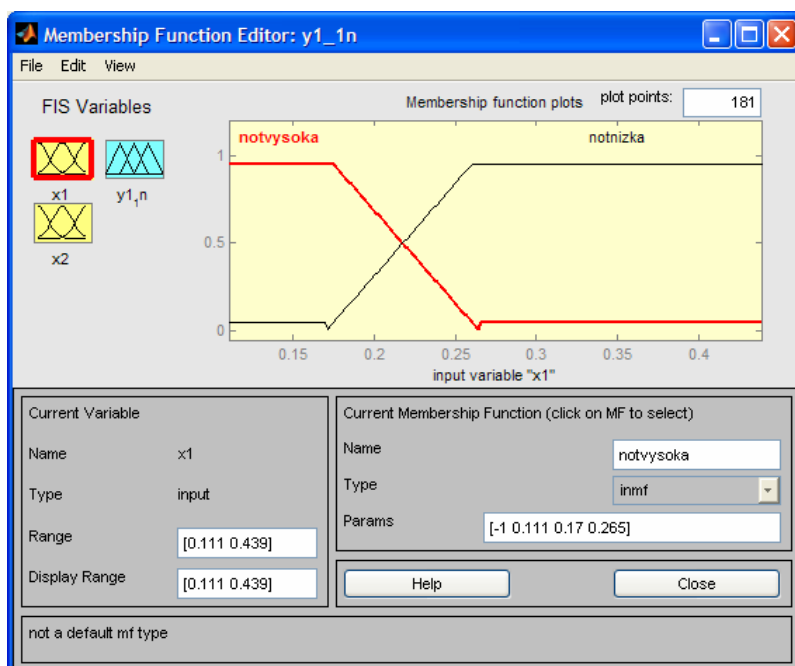
Obrázek 23: Návrh funkce příslušnosti vstupního indikátoru x1 pro iFIS1_1p. Zdroj: [vlastní]



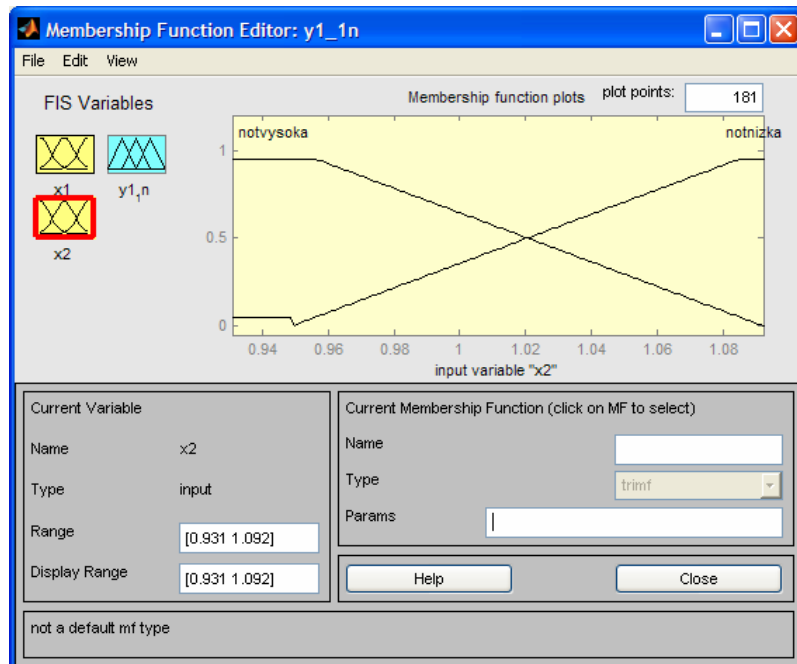
Obrázek 24: Návrh funkce příslušnosti vstupního indikátoru x2 pro iFIS1_1p. Zdroj: [vlastní]



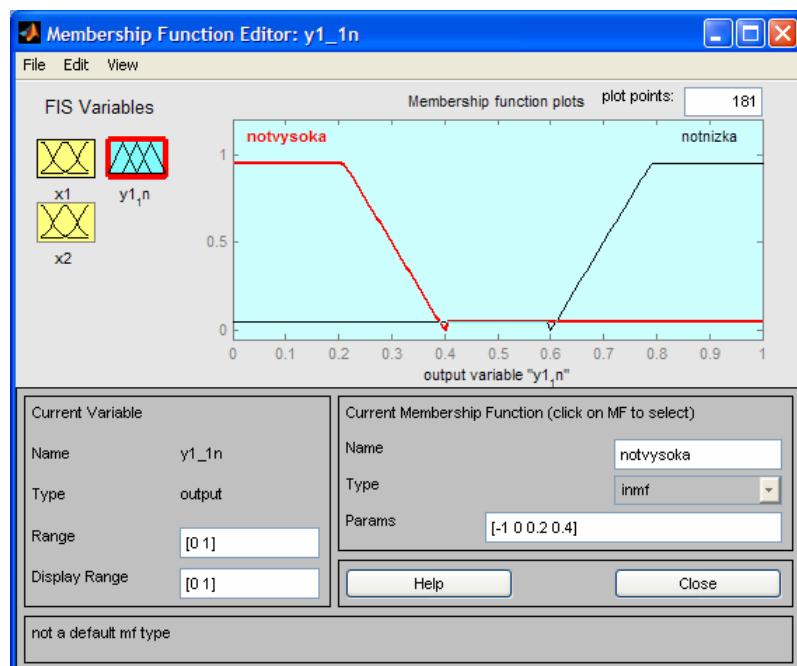
Obrázek 25: Výstupní funkce příslušnosti z iFIS1_1p. Zdroj: [vlastní]



Obrázek 26: Návrh funkce příslušnosti vstupního indikátoru x1 pro iFIS1_1n. Zdroj: [vlastní]

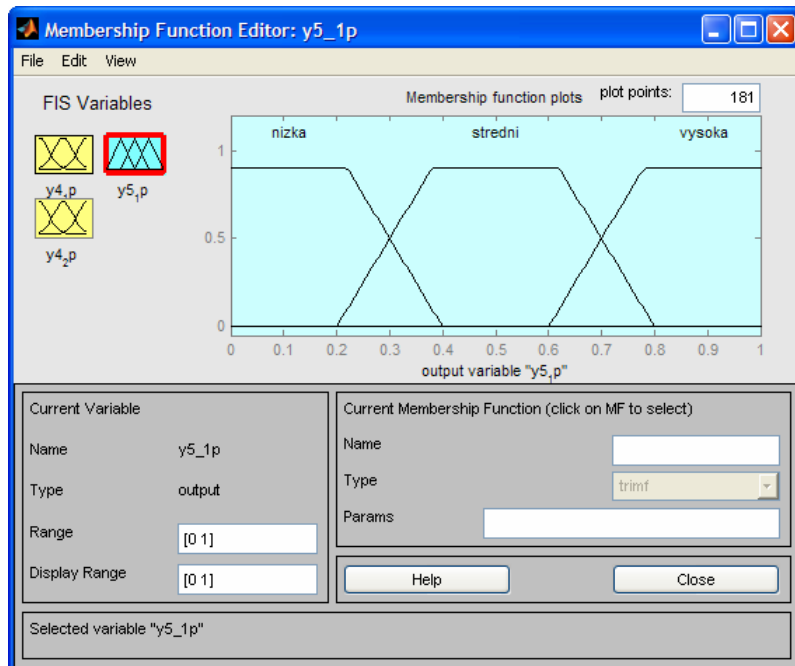


Obrázek 27: Návrh funkce příslušnosti vstupního indikátoru x2 pro iFIS1_1n. Zdroj: [vlastní]

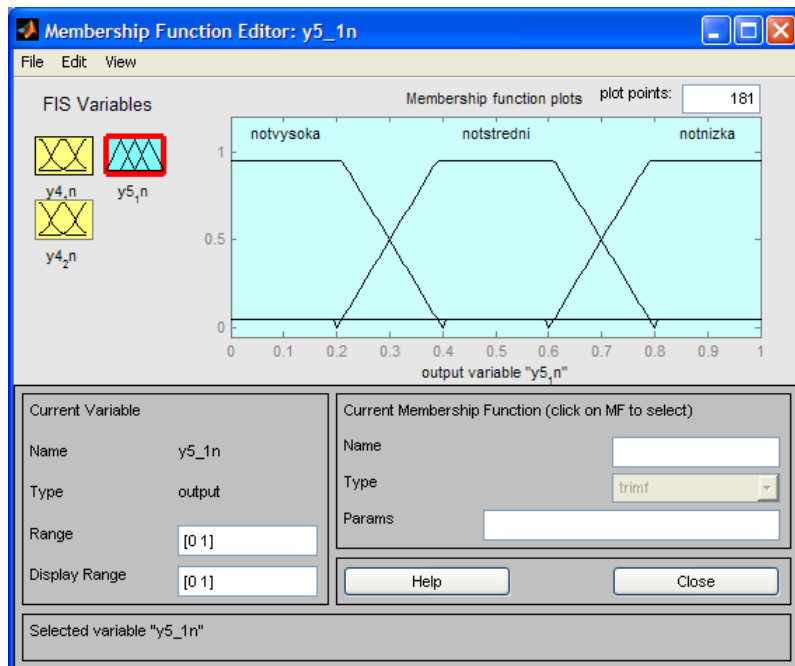


Obrázek 28: Výstupní funkce příslušnosti z iFIS1_1n. Zdroj: [vlastní]

Příloha E Výstupní funkce příslušnosti a nepříslušnosti modelu IHFIS_{EKO}

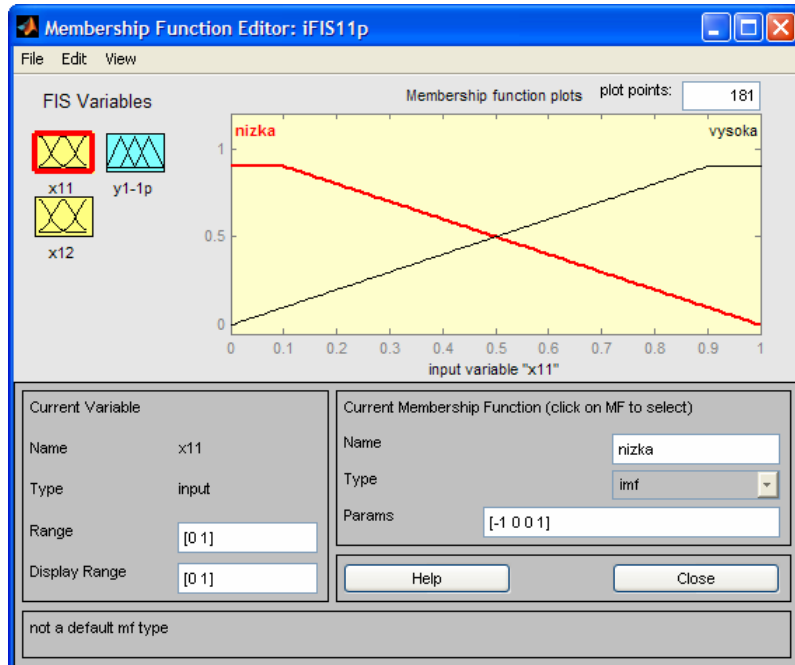


Obrázek 29: Výstupní funkce příslušnosti iFIS5_1p z modelu IHFIS_{EKO}. Zdroj: [vlastní]

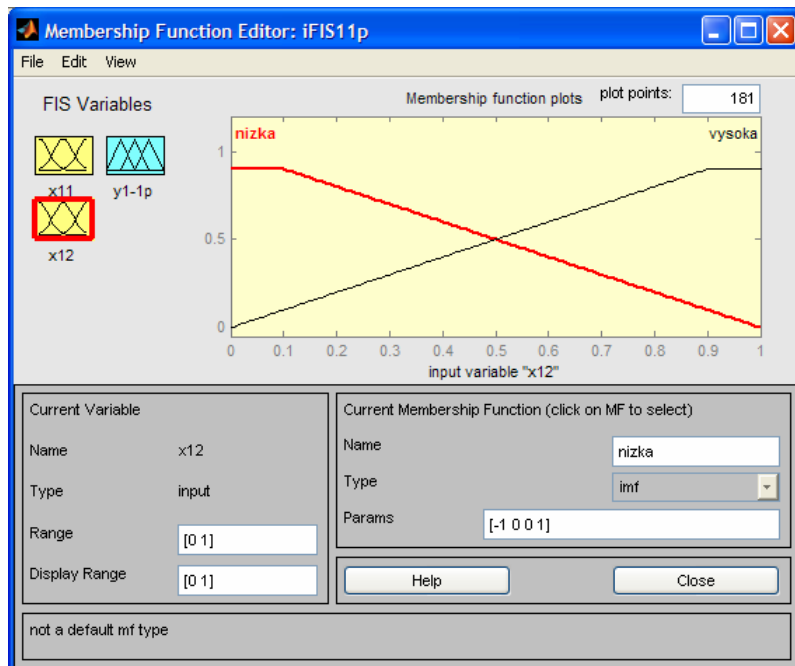


Obrázek 30: Výstupní funkce příslušnosti iFIS5_1n z modelu IHFIS_{EKO}. Zdroj: [vlastní]

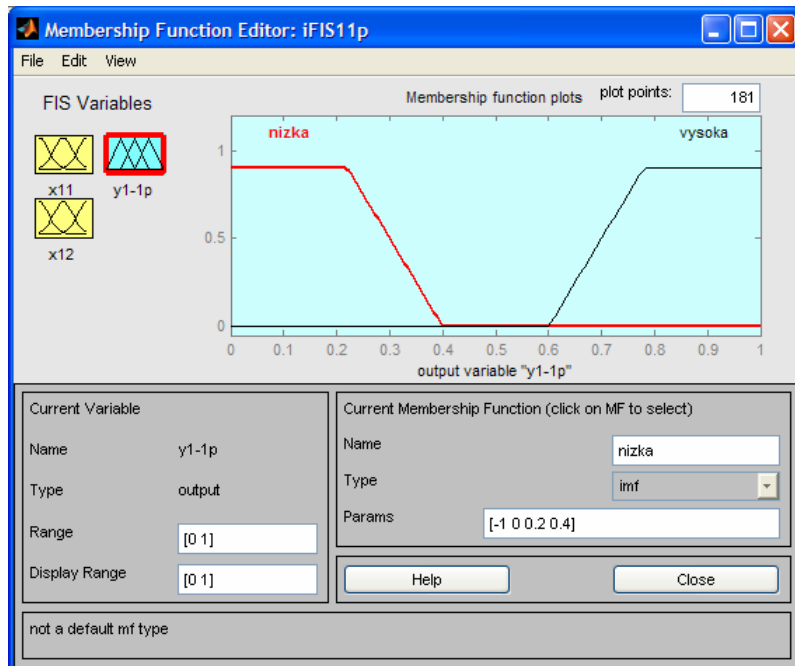
Příloha F Návrh iFIS11 s environmentálními indikátory x11 a x12



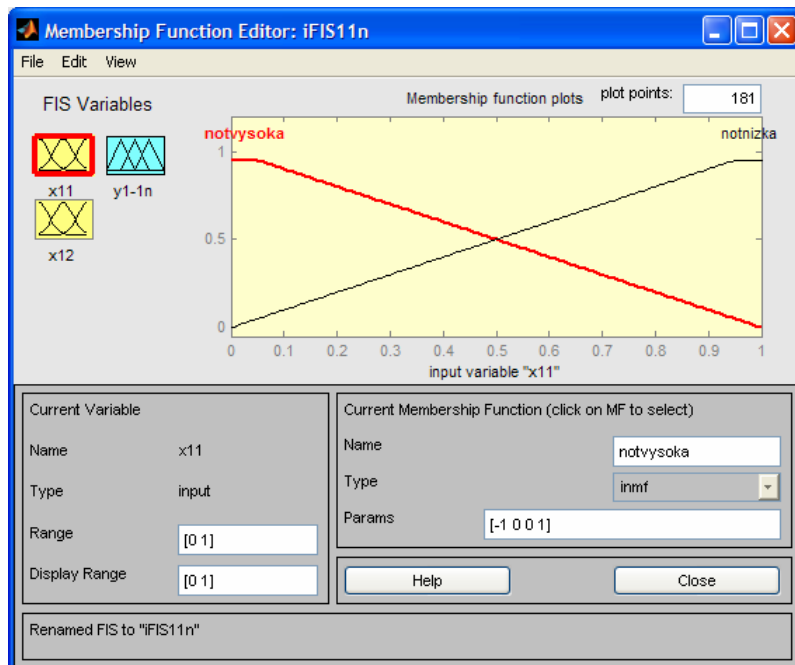
Obrázek 31: Návrh funkce příslušnosti vstupního indikátoru x11 pro iFIS11p. Zdroj: [vlastní]



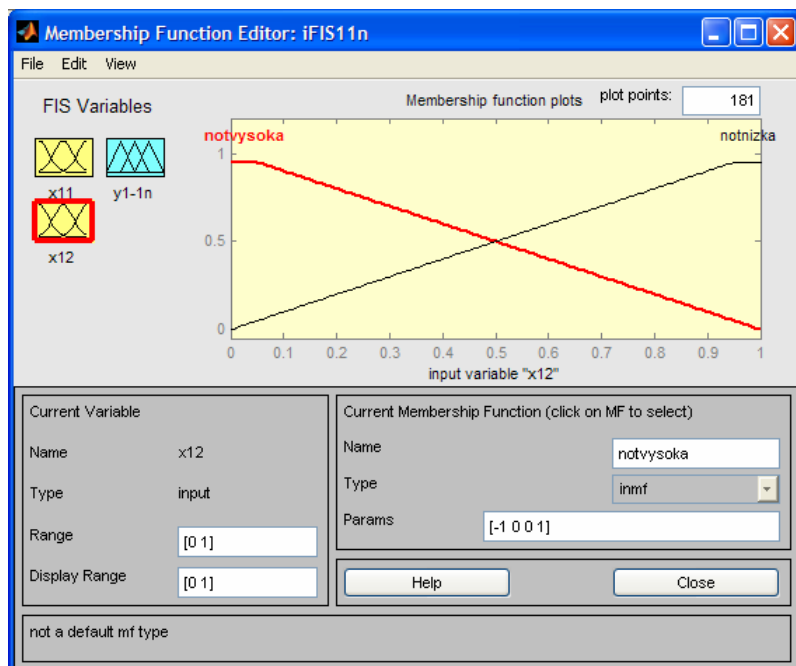
Obrázek 32: Návrh funkce příslušnosti vstupního indikátoru x12 pro iFIS11p. Zdroj: [vlastní]



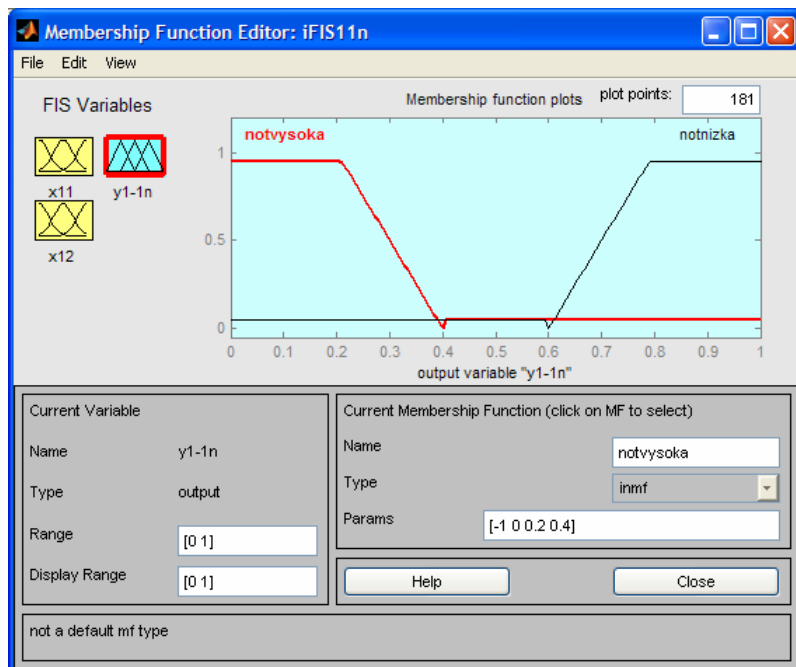
Obrázek 33: Výstupní funkce příslušnosti z iFIS11p. Zdroj: [vlastní]



Obrázek 34: Návrh funkce příslušnosti vstupního indikátoru x11 pro iFIS11n. Zdroj: [vlastní]

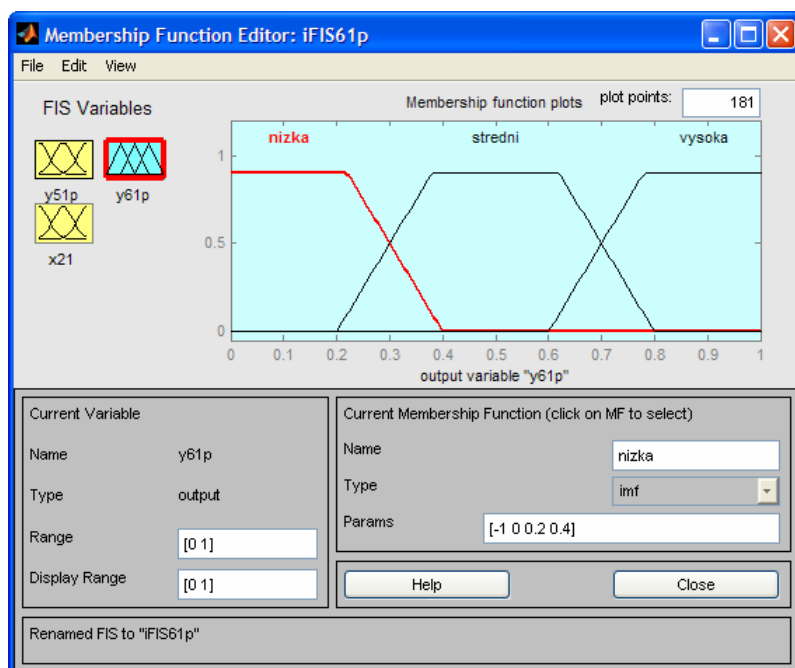


Obrázek 35: Návrh funkce příslušnosti vstupního indikátoru x12 pro iFIS11n. Zdroj: [vlastní]

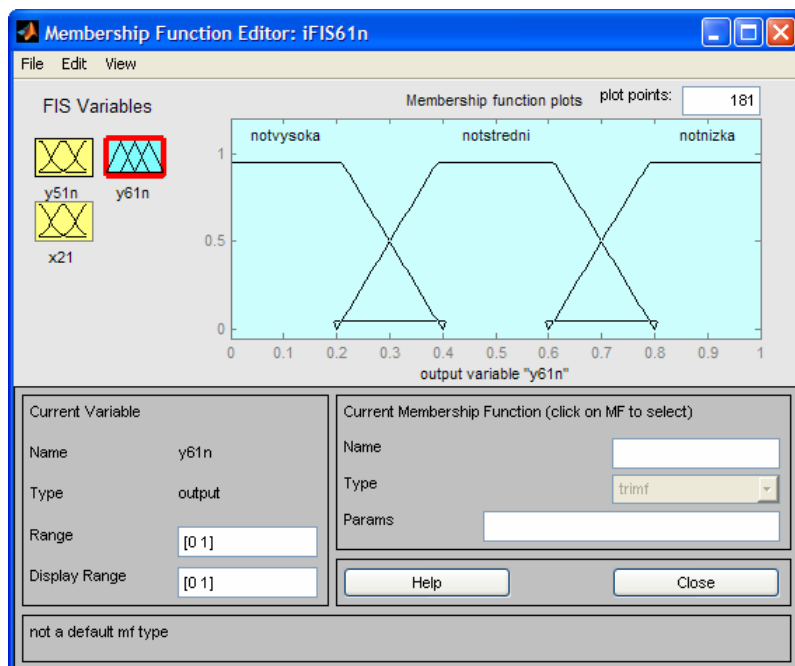


Obrázek 36: Výstupní funkce příslušnosti z iFIS11n. Zdroj: [vlastní]

Příloha G Výstupní funkce příslušnosti a nepříslušnosti modelu IHFIS_{ENV}

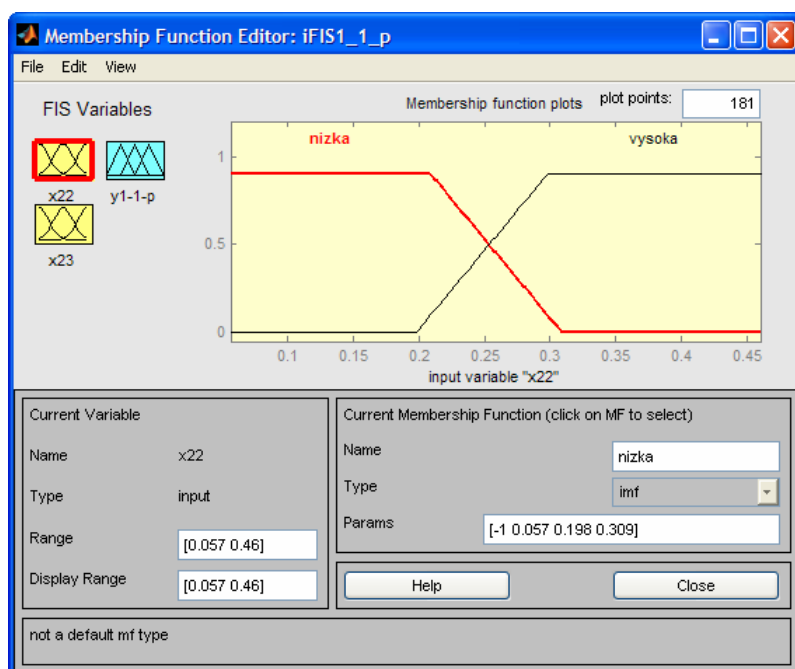


Obrázek 37: Výstupní funkce příslušnosti iFIS61p z modelu IHFIS_{ENV}. Zdroj: [vlastní]

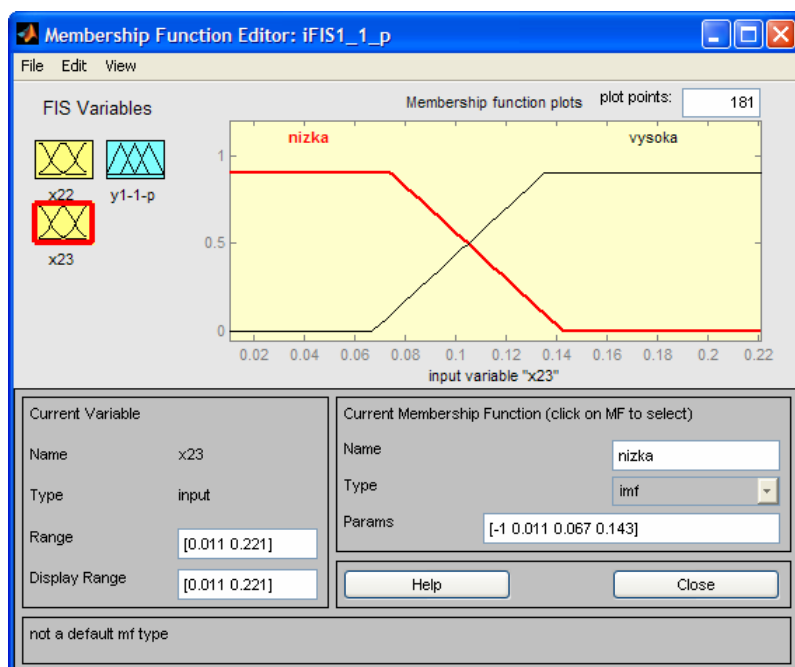


Obrázek 38: Výstupní funkce příslušnosti iFIS61p z modelu IHFIS_{ENV}. Zdroj: [vlastní]

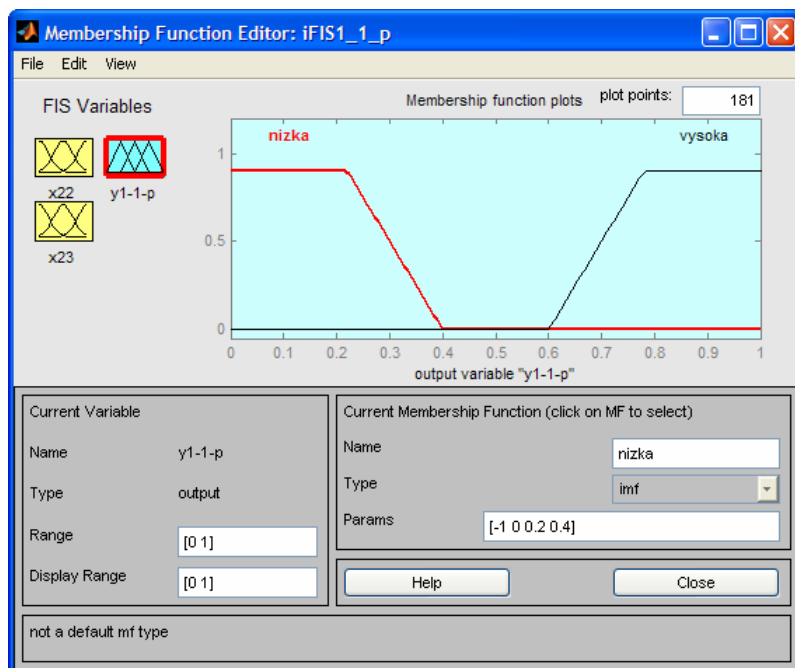
Příloha H Návrh iFIS1_1 se sociálními indikátory x22 a x23



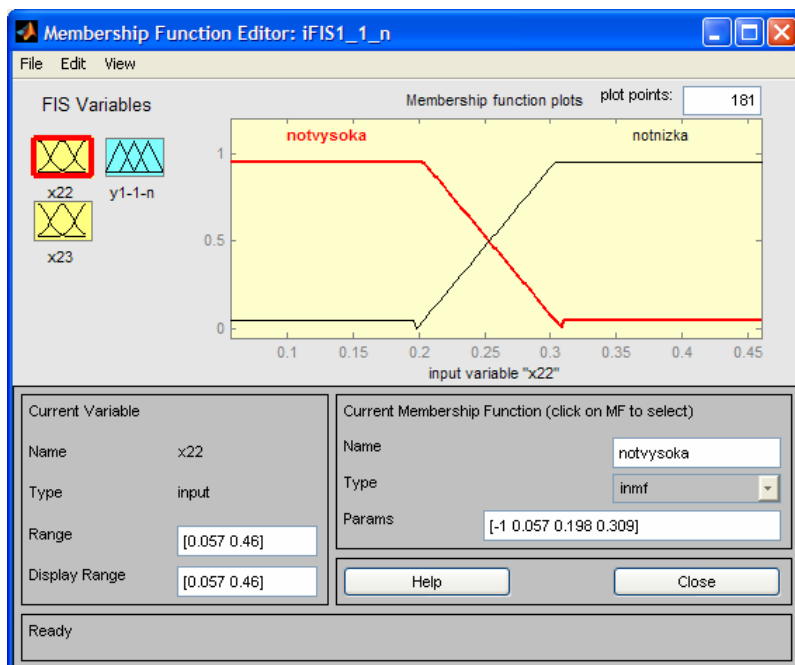
Obrázek 39: Návrh funkce příslušnosti vstupního indikátoru x22 pro iFIS1_1_p. Zdroj: [vlastní]



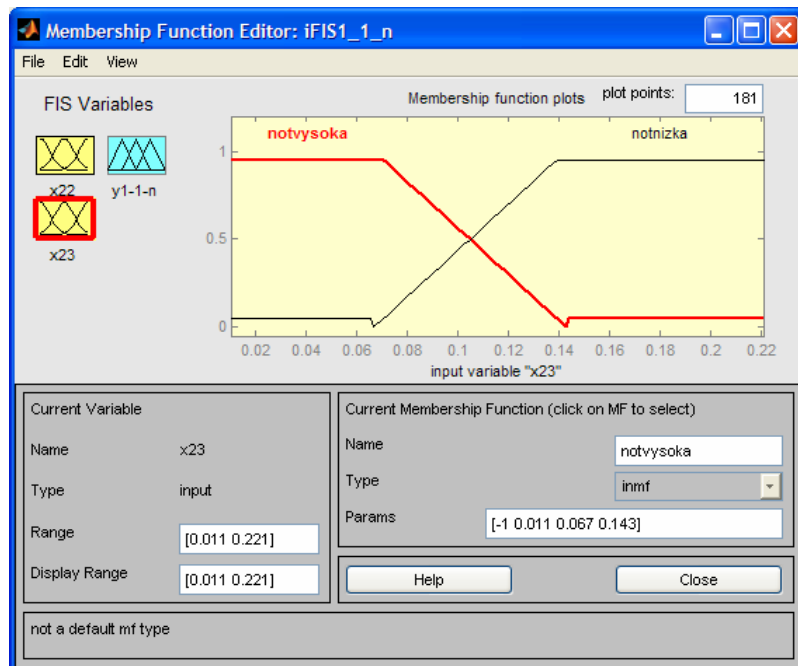
Obrázek 40: Návrh funkce příslušnosti vstupního indikátoru x23 pro iFIS1_1_p. Zdroj: [vlastní]



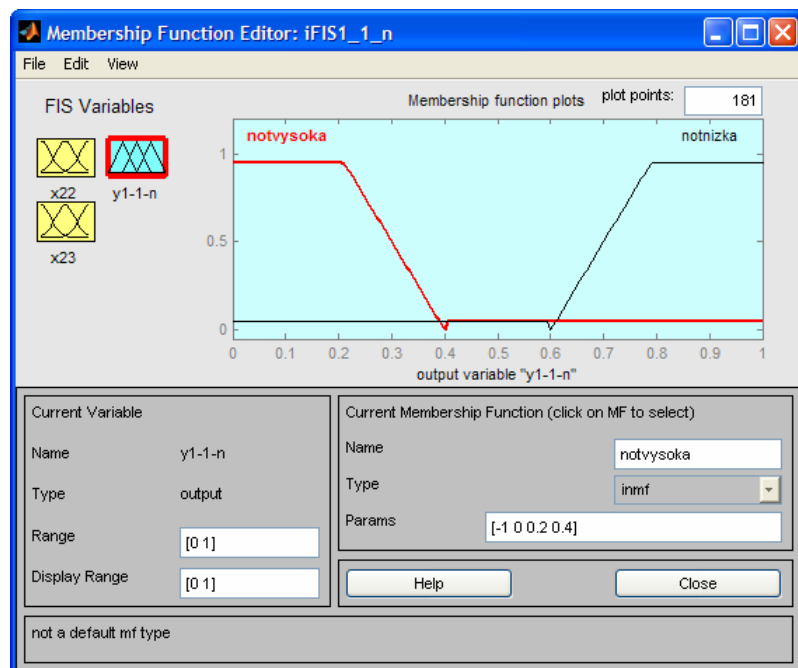
Obrázek 41: Výstupní funkce příslušnosti z iFIS1_1_p. Zdroj: [vlastní]



Obrázek 42: Návrh funkce příslušnosti vstupního indikátoru x22 pro iFIS1_1_n. Zdroj: [vlastní]



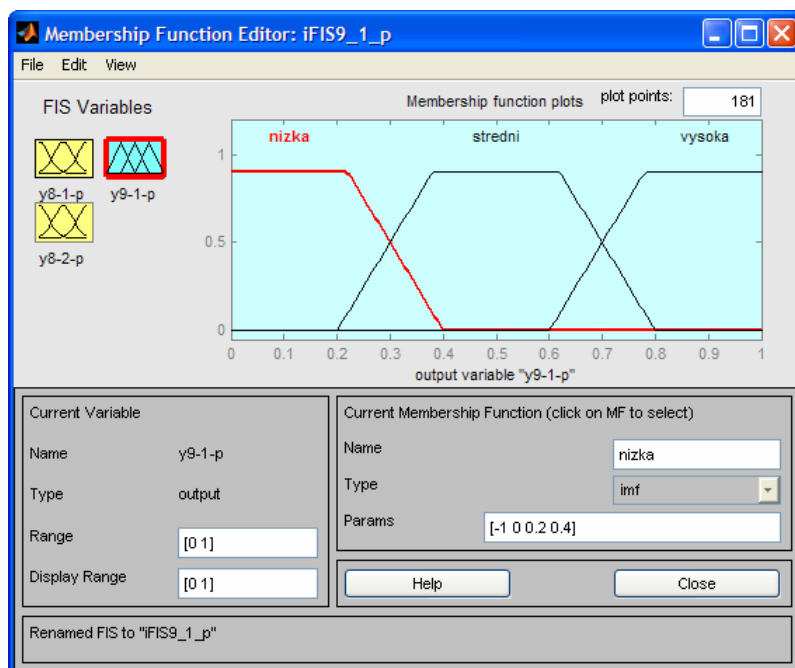
Obrázek 43: Návrh funkce příslušnosti vstupního indikátoru x23 pro iFIS1_1_n. Zdroj: [vlastní]



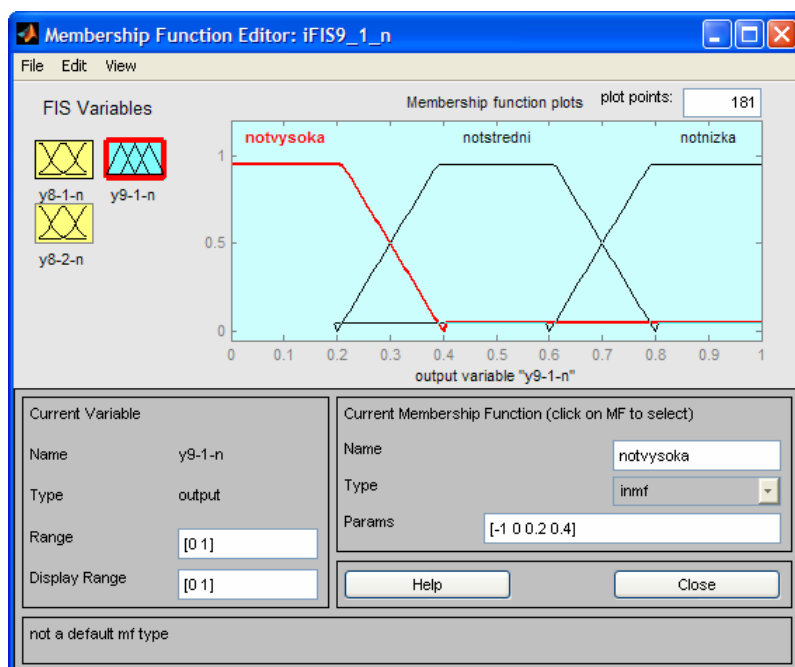
Obrázek 44: Výstupní funkce příslušnosti z iFIS1_1_n. Zdroj: [vlastní]

Příloha I Výstupní funkce příslušnosti a nepříslušnosti

IHFIS_{soc}



Obrázek 45: Výstupní funkce příslušnosti iFIS9_1_p z modelu IHFIS_{soc}. Zdroj: [vlastní]



Obrázek 46: Výstupní funkce příslušnosti iFIS9_1_n z modelu IHFIS_{soc}. Zdroj: [vlastní]

Příloha J Defuzzifikované hodnoty udržitelného rozvoje obcí Pardubického kraje - ukázka

Tabulka 13: Hodnota UR pro vybrané obce. Zdroj: [vlastní]

Albrechtice	0.5087
Anenská Studánka	0.8514
Banín	0.5087
Barchov	0.5087
Bělá nad Svitavou	0.5031
Bělá u Jevíčka	0.5139
Benátky	0.2974
Běstovice	0.5087
Časy	0.5087
Čenkovice	0.5368
Čeperka	0.5087
Čepí	0.5087
Černá u Bohdanče	0.5087
Červená Voda	0.5087
Česká Rybná	0.5087
Pardubice	0.5087
Pastviny	0.5087
Perálec	0.5087
Živanice	0.5087
Žlebské Chvalovice	0.8037
Žumberk	0.5043

Příloha K Hodnoty funkcí příslušnosti a nepříslušnosti obcí v jednotlivých modelech - ukázka

Tabulka 14: Hodnoty ekonomického modelu. Zdroj: [vlastní]

Obec	Ekonomický model								
	Třída 1			Třída 2			Třída 3		
	μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	π
Albrechtice	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Anenská Studánka	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Banín	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Bitovany	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Bohuňov	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Bohuňovice	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Javorník	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Jedlová	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05	0.05	0.90	0.05
Kladno	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Kladruby nad Labem	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Klášterec nad Orlicí	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Lázně Bohdaneč	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Leština	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Leštinka	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05

Tabulka 15: Hodnoty environmentálního modelu. Zdroj: [vlastní]

Obec	Environmentální model								
	Třída 1			Třída 2			Třída 3		
	μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	π
Gruna	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Hamry	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Hartinkov	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Hrušová	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Chmelík	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Choceň	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05	0.05	0.90	0.05
Choltice	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05	0.05	0.90	0.05
Malíkov	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Mikuleč	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Mikulovice	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Ostrov	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Ostřešany	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Ostřetín	0.46	0.49	0.05	0.54	0.41	0.05	0.05	0.90	0.05
Pardubice	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Příluka	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05

Tabulka 16: Hodnoty sociálního modelu. Zdroj: [vlastní]

Obec	Sociální model								
	Třída 1			Třída 2			Třída 3		
	μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	π
Řepnky	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Řestoky	0.05	0.90	0.05	0.05	0.90	0.05	0.05	0.90	0.05
Seč	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Sedliště	0.05	0.90	0.05	0.89	0.06	0.05	0.05	0.90	0.05
Selmice	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Semanín	0.05	0.90	0.05	0.05	0.90	0.05	0.05	0.90	0.05
Turkovice	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Týnišťko	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Úherčice	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Vrážné	0.95	0.00	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Vrbatův Kostelec	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Všeradov	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Výprachtice	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Živanice	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Žlebské Chvalovice	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05
Žumberk	0.05	0.90	0.05	0.95	0.00	0.05	0.05	0.90	0.05