

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní

Modelování udržitelného rozvoje obcí pomocí neuronových sítí

Bc. Filip Habivský

Diplomová práce

2009

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Filip HABIVSKÝ**
Studijní program: **N6209 Systémové inženýrství a informatika**
Studijní obor: **Informatika ve veřejné správě**

Název tématu: **Modelování udržitelného rozvoje obcí pomocí neuronových sítí**

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

Charakterizujte udržitelný rozvoj regionů a obcí v ČR.
Navrhněte indikátory udržitelného rozvoje obcí, a to ekonomické, sociální a environmentální.
Charakterizujte neuronové sítě.
Charakterizujte Kohonenovy samoorganizující se mapy.
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.

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

HAYKIN, S.S. Neural Networks: A Comprehensive Foundation. Upper Saddle River : Prentice Hall, 1999. ISBN 0132733501.

KVASNIČKA, V. a kol. Úvod do teorie neuronových sítí. Bratislava : IRIS, 1997. ISBN 80-88778-30-1.

MAŘÍK, V. a kol. Umělá inteligence (1). Praha : Academia, 1993. ISBN 80-200-0496-3.

MAŘÍK, V. a kol. Umělá inteligence (4). Praha : Academia, 2003. ISBN: 80-200-1044-0.

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 Křupka, 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 19. 8. 2009

Filip Habivský

Na tomto místě bych rád poděkoval panu Ing. Petru Hájkovi, Ph.D. za jeho odbornou pomoc a ochotu při zpracování mé diplomové práce, za jeho čas, který mi věnoval a cenné rady, které mi poskytl. Dále bych chtěl poděkovat své rodině, která mě podporovala po celou dobu studia.

SOUHRN

Diplomová práce je zaměřena na modelování udržitelného rozvoje obcí pomocí Kohonenových neuronových sítí (Self-Organizing Maps, SOM). Řešená problematika se vztahuje na vybranou oblast Pardubického kraje. V úvodních kapitolách je věnována pozornost problematice udržitelného rozvoje a navrnutí vhodných parametrů pro modelování udržitelného rozvoje obcí. Jedná se o ekonomické, environmentální a sociální parametry. Další část diplomové práce pojednává o neuronových sítích a Kohonenových neuronových sítích. Následně jsou navrženy modely pro klasifikaci obcí podle jejich udržitelného rozvoje. V závěru práce je realizována analýza a popsány výsledky.

KLÍČOVÁ SLOVA

udržitelný rozvoj, indikátory, neuronová síť, Kohonenova neuronová síť, klasifikace

TITLE

Modelling the sustainable development of municipalities by neural networks

ABSTRACT

This thesis deals with modelling of sustainable development of municipalities using Kohonen's neural networks (Self-Organizing Maps, SOM). Dealing with the issue applies to a selected area of the Pardubice region. In the introductory chapters, attention is given to issues of sustainable development and propose the appropriate parameters for modeling the sustainable development of communities. It is the economic, environmental and social parameters. Another part of thesis describes the neural networks and Kohonen's neural networks. Subsequently, models are designed for the classification of municipalities according to their sustainable development. In conclusion, this work is carried out the analysis and reported results.

KEYWORDS

sustainable development, parameters, neural networks, Kohonen's self organizing networks, classification

Obsah

Úvod	9
1 Udržitelný rozvoj regionů a obcí v ČR	10
1.1 Vymezení pojmu udržitelný rozvoj	10
1.2 Pilíře udržitelného rozvoje	11
1.2.1 Ekologický pilíř	12
1.2.2 Sociální pilíř	13
1.2.3 Ekonomický pilíř	14
1.3 Základní principy udržitelného rozvoje	14
1.4 Základní programové dokumenty o udržitelném rozvoji	15
1.4.1 Agenda 21	15
1.4.2 Místní agenda 21	16
1.5 Strategie udržitelného rozvoje ČR	16
1.6 Strategie regionálního rozvoje ČR	19
1.7 Rozdělení regionů soudržnosti ČR	21
1.8 Dílčí závěr	22
2 Návrh indikátorů udržitelného rozvoje obcí Pardubického kraje	23
2.1 Současné indikátory na úrovni obcí	24
2.1.1 Zvolení vhodných indikátorů	25
2.2 Návrh indikátorů udržitelného rozvoje pro oblast ekonomickou, environmentální a sociální	25
2.3 Koeficient korelace	27
2.4 Standardizace dat	27
2.5 Ekonomické parametry	28
2.6 Environmentální parametry	31
2.7 Sociální parametry	34
2.8 Vektor vstupních parametrů udržitelného rozvoje	39
2.9 Dílčí závěr	39
3 Neuronové sítě	40
3.1 Neuronová síť	40
3.2 Topologie neuronové sítě	41
3.3 Proces učení v neuronových sítích	43
3.3.1 Učení s učitelem	43

3.3.2	Učení bez učitele	44
3.4	Oblasti využití neuronových sítí	45
3.5	Dílčí závěr.....	45
4	Kohonenova samoorganizující se mapa	46
4.1	Struktura Kohonenovy sítě	46
4.2	Vybavování v Kohonenově síti.....	47
4.3	Učení v Kohonenově síti.....	47
4.4	Kohonenův algoritmus.....	49
4.5	Chování Kohonenovy sítě.....	49
4.6	Volba parametrů učení	50
4.7	Dílčí závěr.....	51
5	Návrh modelu udržitelného rozvoje obcí Pardubického kraje	52
5.1	Návrh Kohonenovy samoorganizující se mapy	54
5.2	Modelování udržitelného rozvoje pomocí SOM	55
5.2.1	Modelování ekonomické oblasti udržitelného rozvoje pomocí SOM.....	57
5.2.2	Modelování environmentální oblasti udržitelného rozvoje pomocí SOM	58
5.2.3	Modelování sociální oblasti udržitelného rozvoje pomocí SOM.....	60
5.2.4	Modelování celkového udržitelného rozvoje pomocí SOM	61
5.3	Dílčí závěr.....	63
6	Analýza výsledků	64
6.1	Analýza výsledků pro ekonomickou oblast udržitelného rozvoje	64
6.2	Analýza výsledků pro environmentální oblast udržitelného rozvoje.....	67
6.3	Analýza výsledků pro sociální oblast udržitelného rozvoje	70
6.4	Analýza výsledků celkového udržitelného rozvoje	73
6.5	Dílčí závěr.....	79
	Závěr	80
	Použitá literatura	81
	Seznam zkratk.....	83
	Seznam obrázků.....	84
	Seznam tabulek.....	85
	Seznam příloh	85

Úvod

Problematika udržitelného rozvoje začala mít širší rozměr už v 60. letech 20. století. Kromě vnímání, že jsou stále více narušovány ekologické podmínky na Zemi, začali lidé v čele se světovými odborníky vnímat i ten fakt, že je ohrožena celková stabilita života. Vznikali mnohá hnutí a organizace, jejímž hlavním jmenovatelem byli ekologické protesty a snahy o uvědomování si možných dopadů a následků vyplývajících z narušování ekologie. Důležitou organizací, která se velmi výrazně zasloužila o odvrácení ekologické krize, byla OSN, která na konferenci ve Stockholmu v roce 1972 označila hlavní ekologické problémy, mezi něž patřila např. vysoká produkce nebezpečných odpadů nebo ohrožení klimatického systému atmosféry a oceánů. Konference apelovala, aby byly okamžitě přijaty ustanovení týkající se ochrany životního prostředí. Světové státy vzaly tuto výzvu vážně a většina světových států začala postupně přijímat a vytvářet zákony spjaté s ochranou životního prostředí. Myšlenka udržitelného rozvoje byl postupem času přikládán stále větší význam. V dnešní době je udržitelný rozvoj vnímán nejen na celosvětové či státní úrovni, ale i na úrovni krajů či měst.

V první části diplomové práce je popsána problematika udržitelného rozvoje a jsou vymezeny základní pojmy spjaté s udržitelným rozvojem. Součástí kapitoly je vysvětlení tří pilířů udržitelného rozvoje a popsání základních programových dokumentů o udržitelném rozvoji.

Následující kapitoly se zabývají neuronovými sítěmi a konkrétně Kohonenovou samoorganizující se mapou, která je typem neuronové sítě, která nevyužívá při učení učitele. V kapitolách jsou vysvětleny základní pojmy z oblasti neuronových sítí, jako je charakteristika neuronu, topologie neuronových sítí či učení v neuronových sítích, u Kohonenovy sítě je vysvětlena problematika učení, která je spjata s vhodným nastavováním parametrů učení.

Cílem diplomové práce je návrh modelu na klasifikaci obcí podle jejich udržitelného rozvoje s využitím Kohonenovy samoorganizující se mapy. Dílčím cílem je navržení vhodných indikátorů pro ekonomickou, environmentální a sociální oblast. K verifikaci navrhnutého modelu je použit programový prostředek MATLAB 7.

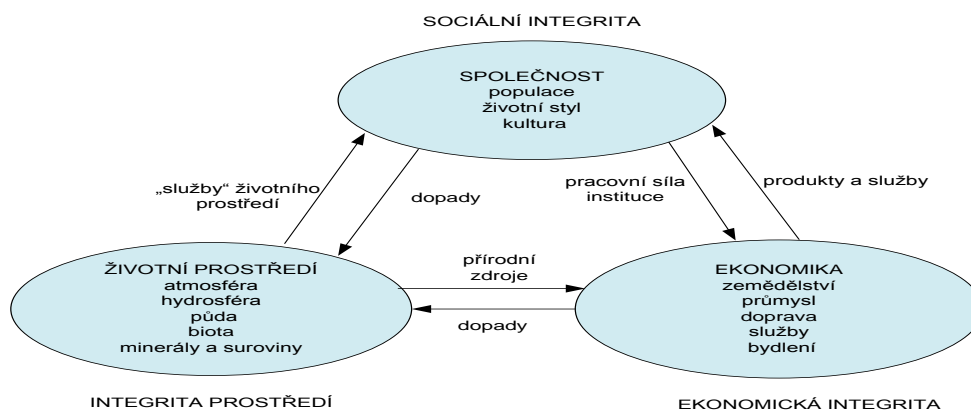
1 Udržitelný rozvoj regionů a obcí v ČR

1.1 Vymezení pojmu udržitelný rozvoj

Moderní společnost je složitým socio-ekologickým systémem, jenž je založen na integritě sociální, ekonomické a integritě prostředí, jak ukazuje obrázek 1. Tato integrita však není trvalou vlastností, protože se musí v proměnlivém prostředí udržovat. Je tedy na místě pojem udržitelnosti existence systému. V minulosti nebyla v sázce, protože změny prostředí nechávaly dostatek času na přizpůsobení se změnám. Udržitelnost nabývá na významu v případě, jestliže míra četnosti a rychlosti změn se začíná blížit míře rychlosti odezvy systému na změny. Pokud míra změn překonává schopnost odezvy na změny, pak systém ztrácí schopnost udržitelnosti své existence.

Udržitelnost lidské společnosti a lidského druhu jsou v současnosti ohroženy dynamickým rozvojem technologií, které zásadně ovlivňují ekonomické a sociální změny, zatímco organizační a řídicí setrvačnost snižuje schopnost přiměřené odezvy. Důvod, proč se s lidskou společností spojuje pojem udržitelný rozvoj, je prostý.

Udržovat znamená zachovávat existenci, prodlužovat ji. To zjevně nemá smysl pro lidskou společnost, protože ta nemůže být ze své podstaty udržována na stále stejné úrovni. Lidská společnost je složitý a adaptivní systém vnořený do jiného složitějšího systému, a to do systému životního prostředí. Tyto systémy se spolu rozvíjejí ve vzájemných interakcích. A poněvadž změna je přirozenou vlastností lidské společnosti, je nutné ji „zpracovávat“, reagovat na ni. Rozvoj vyjadřuje schopnost něco neustále zlepšovat, zatímco růst více souvisí s časem a prostorem, takže rozvoj není růst. V měnícím se světě tak existuje jediný globální cíl – udržitelný rozvoj. [1]



Obrázek 1: Sociální integrita, ekonomická integrita a integrita prostředí. Zdroj: [1]

Pojem (trvale) udržitelný rozvoj byl definován v Tokiu 1987 Světovou komisí OSN pro životní prostředí a rozvoj (WCED). V tzv. Tokijské deklaraci byly shrnuty výsledky práce komise a vydána závěrečná zpráva nazvaná „Naše společná budoucnost“. Jako cíl a kritérium národní politiky a mezinárodní spolupráce, na něž by se měly všechny země podílet, definovala komise právě pojem udržitelný rozvoj a zároveň uvedla i osm základních principů, které by při řízení svých činností měly země uplatňovat.

Udržitelný rozvoj definuje Komise jako takový rozvoj, při němž bude současná generace uspokojovat své potřeby tak, aby neomezila možnosti příštích generací uspokojovat jejich potřeby.

Pojem trvale udržitelný rozvoj je uveden také v naší legislativě, i když v trochu jiné podobě. V zákoně č. 17/1992 Sb., o životním prostředí v paragrafu 6 je definován takto [2]: Trvale udržitelný rozvoj společnosti 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.

(Trvale) udržitelný rozvoj je komplexní soubor strategií, které umožňují pomocí ekonomických prostředků a technologií uspokojovat lidské potřeby, materiální, kulturní i duchovní, při plném respektování environmentálních limitů; aby to bylo v globálním měřítku současného světa možné, je nutné redefinovat na lokální, regionální i globální úrovni jejich sociálně-politické instituce a procesy. [3]

1.2 Pilíře udržitelného rozvoje

Na základě definice se rozeznávají 3 pilíře udržitelného rozvoje. Je to pilíř ekonomický, sociální a ekologický. Přestože by měly být udržovány v rovnováze, v některých případech se tyto pilíře dostávají do rozporu. Jako příklad můžeme uvést ochranu životního prostředí a rozšiřování komunikací.

V ekologickém pilíři, např. v lesním hospodářství, lze nejčastěji vidět princip udržitelného rozvoje při hospodaření s přírodními zdroji, jelikož musí kontrolovat např. veškeré funkce lesa. Oproti tomu se sociální a ekonomický pilíř vyznačuje slabším institucionálním zázemím a prosazuje se méně. Při rozhodování se pak nejvíce uplatňují krátkodobá hlediska v závislosti na tržní ekonomice a periodizaci volebního období. Do rozhodnutí tedy nejsou promítána absolutní kritéria, jako je tomu u ekologické oblasti, nýbrž zájmy charakteru politického a investorů. [3]

„Zatímco panuje shoda o hlavních indikátorech environmentálního pilíře udržitelného rozvoje, cíle ekonomického a sociálního pilíře jsou daleko méně jasné. Není například jasné, jaká míra růstu ekonomiky, konkurenceschopnosti či jaká míra nezaměstnanosti je udržitelná.“ [4]

1.2.1 Ekologický pilíř

Ekologický (environmentální) pilíř je především zaměřen na ochranu životního prostředí. Tok materiálu a energie musí splňovat 3 podmínky, aby byla zabezpečena udržitelnost vývoje fyzického životního prostředí [5]:

- intenzita využívání obnovitelných zdrojů nepřesahuje jejich regeneraci,
- intenzita využívání neobnovitelných zdrojů nepřesahuje rychlost, s níž jsou vyvíjeny jejich trvale udržitelné obnovitelné náhrady,
- intenzita znečišťování nepřesahuje asimilační kapacitu životního prostředí.

Dosavadní ekonomický i sociální vzestup je založen na spotřebovávání neobnovitelných zdrojů a na využívání území pro stavební a výrobní činnost, tudíž nesplňuje předešlé podmínky. Zároveň tedy nedochází k adekvátní kompenzaci využitých ploch do původního stavu. Na tuto problematiku reaguje řada institucí pomocí legislativních opatření. Hlavním cílem je snížení znečištění životního prostředí a na ochranu cenných území. Monitoring, sledující řadu indikátorů, odpovídá nejrozvinutější institucionální a vědeckovýzkumné základně ekologické stránky udržitelnosti. V porovnání zemí celého světa je zřejmé, že největší péči věnují životnímu prostředí země ekonomicky a sociálně vyvinuté, ale na druhou stranu jsou to tytéž země, které také patří mezi největší spotřebitele neobnovitelných přírodních zdrojů. Za udržení ekologického rozměru stojí především normativní nástroje, které jsou uplatňovány v národních systémech ochrany přírodního prostředí. V zemích Evropské unie se pro prosazení ekologického aspektu udržitelnosti vyvinuly některé společné celoevropské nástroje, jako například EECONET a NATURA 2000. [5]

1.2.2 Sociální pilíř

Sociální pilíř je oproti environmentálnímu a ekonomickému pilíři více zaměřen na přítomnost. Nejvhodnější kombinací faktorů populace, kapitál a technologie, která vede k přiměřené a bezpečné životní úrovni každého jedince, dosahujeme trvalé sociální udržitelnosti. Rozsah udržitelnosti v sociálním pilíři můžeme nejlépe charakterizovat pomocí tzv. sociální soudržnosti, kterou sleduje rozvojový program OSN (United Nations Development Program, UNDP) pro všechny členské státy OSN. Je využíván tzv. index lidského rozvoje, na základě kterého je možno sledovat sociální soudržnost. Tento vícerozměrný údaj je složen ze tří dílčích indikátorů o stejné významové váze [5]:

- předpokládaná délka života při narození,
- přístup ke vzdělání (podíl gramotných v dospělé populaci a průměrná doba školního vzdělávání),
- hrubý produkt na obyvatele.

Pomocí shromažďování potřebných materiálů od členských zemí UNDP dlouhodobě sleduje vývoj těchto tří indikátorů. Mezi stupněm ekonomického rozvoje a mírou stability demokratických institucí na jedné straně a indexem lidského rozvoje na straně druhé se projevuje především v Evropě velmi blízký vztah. Příčinou těchto rozdílů jsou především rozdílné příjmy a částečně také rozdíl předpokládané délky života. [5]

Z výše uvedeného vyplývá, že sociální pilíř by měl především sledovat a zajistit kvalitní život jak jednotlivců, tak i společností. Oblasti sociálního pilíře se týkají např. zdraví, vzdělanosti, ale i zajištění základních práv a svobod občanů. Občas se v souvislosti se zajištěním kvalitního života přidává myšlenka uspokojování kulturních potřeb. Mezi nejdůležitější oblasti sociálního pilíře patří:

- 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).

1.2.3 Ekonomický pilíř

Ekonomický pilíř je se sociálním pilířem úzce propojen. Nejdůležitější otázkou ekonomické vědy zatím bývá ekonomický růst a jeho dlouhodobé udržení. Právě v této oblasti ekonomiky je rozvoj nejvíce ztotožňován s růstem. Jestliže je tohoto ekonomického růstu dosahováno intenzitou, technologickou či organizační inovací a vyšší kvalitou a produktivitou lidské práce, lze toto považovat za pozitivní hledisko udržitelnosti v této souvislosti. Stále větší podíl na ekonomice zaujímají ve vyspělých zemích hlavně výroba šetrná k životnímu prostředí, energeticky a surovinově méně náročná a vývoj technologií zmenšující či odstraňující znečištění životního prostředí.

Náklady, ztráty a poškozování přírodních zdrojů nejsou uvažovány v běžně užívaných ekonomických ukazatelích. Toto je vidět na nejčastěji používaném makroekonomickém ukazateli, hrubém národním či regionálním produktu, užívaného pro vyčíslení ekonomické prosperity, který 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). [5]

1.3 Základní principy udržitelného rozvoje

Úspěšný přechod na cestu trvale udržitelného rozvoje vyžadoval v minulosti, ale i nyní v přítomnosti posun společenských cílů. Bylo zapotřebí, aby všechny země světa společně i individuálně integrovaly do svých cílů základní principy, jež by měly být v zajištění trvale udržitelného rozvoje obecně nápomocny. Mezi základní principy udržitelného rozvoje patří [3]:

- **propojení základních oblastí života** - ekonomické, sociální a životního prostředí; řešení zohledňující pouze jednu nebo dvě z nich není dlouhodobě efektivní,
- **dlouhodobá perspektiva** - každé rozhodnutí je třeba zvažovat z hlediska dlouhodobých dopadů, je třeba strategicky plánovat,
- **kapacita životního prostředí je omezená** - nejenom jako zdroje surovin, látek a funkcí potřebných k životu, ale také jako prostoru pro odpady a znečištění všeho druhu,
- **předběžná opatrnost** - důsledky některých našich činností nejsou vždy známé, neboť naše poznání zákonitostí fungujících v životním prostředí je stále ještě na nízkém stupni, a proto je na místě být opatrní,

- **prevence** - je mnohem efektivnější než následné řešení dopadů; na řešení problémů, které již vzniknou, musí být vynakládáno mnohem větší množství zdrojů (časových, finančních i lidských),
- **kvalita života** - má rozměr nejen materiální, ale také společenský, etický, estetický, duchovní, kulturní a další, lidé mají přirozené právo na kvalitní život,
- **sociální spravedlnost** - příležitosti i zodpovědnosti by měly být děleny mezi země, regiony i mezi rozdílné sociální skupiny. Chudoba je ohrožující faktor udržitelného rozvoje; proto je až do jejího odstranění naše odpovědnost společná, ale diferencovaná. Sociálnímu pilíři udržitelného rozvoje se přikládá stále větší význam a udržitelný rozvoj je čím dál častěji chápán jako "Trvalé zlepšování sociálních podmínek v rámci ekologické únosnosti Země". Ekonomika v tomto výkladu hraje roli nástroje k dosažení zlepšení sociálních podmínek,
- **zohlednění vztahu "lokální - globální"** - činnosti na místní úrovni ovlivňují problémy na globální úrovni - vytvářejí je nebo je mohou pomoci řešit (a naopak),
- **vnitro generační a mezigenerační odpovědnost** (či rovnosti práv), tj. zabezpečení národnostní, rasové i jiné rovnosti, respektování práv všech současných i budoucích generací na zdravé životní prostředí a sociální spravedlnost; mluvíme o morální povinnosti k budoucím generacím,
- **demokratické procesy** - zapojením veřejnosti již od počáteční fáze plánování, vytváříme nejen objektivnější plány, ale také obecnou podporu pro jejich realizaci.

Nutno podotknout, že je důležité se řídit a respektovat všechny výše zmiňované principy, které tvoří systém propojených vazeb.

1.4 Základní programové dokumenty o udržitelném rozvoji

1.4.1 Agenda 21

Agenda 21 je rozsáhlým dokumentem OSN přijatý na konferenci o životním prostředí v Rio de Janiero roku 1992 (na tzv. "Summitu Země"). Tento dokument se stal strategickým plánem rozvoje společnosti pro 21. století. Ukazuje cestu k udržitelnému rozvoji na naší planetě a je komplexním návodem globálních akcí, které mohou poznamenat nebo ovlivnit přechod na udržitelný rozvoj. Celkem obsahuje přes 500 stran a je rozdělena do 40 kapitol a čtyř tematicky zaměřených sekcí. [2]

1.4.2 Místní agenda 21

Místní Agenda 21 je nástroj pro uplatnění principů udržitelného rozvoje na místní a regionální úrovni v praxi. Je prováděna v konkrétním čase a místě a v obci nebo regionu. Je to proces, který prostřednictvím zkvalitňování správy věcí veřejných, strategického plánování (řízení), zapojování veřejnosti a využívání všech dosažených poznatků o udržitelném rozvoji v jednotlivých oblastech zvyšuje kvalitu života ve všech jeho aspektech a směřuje k zodpovědnosti občanů za jejich životy i životy ostatních bytostí v prostoru a čase. [6]

1.5 Strategie udržitelného rozvoje ČR

Stejně tak, jako většina světových zemí, i ČR se začala zabývat uplatňováním principů udržitelného rozvoje. Oficiálním dokumentem zabývajícím se udržitelným rozvojem v ČR po roce 2000 se nazývá „Strategie udržitelného rozvoje České Republiky“. Tento dokument byl schválen vládou 8. prosince 2004. Byl rozdělen do 6 částí: Ekonomický pilíř; Environmentální pilíř; Sociální pilíř; Výzkum a vývoj, Vzdělávání; Evropský a mezinárodní kontext; Správa věcí veřejných.

Primární funkcí byla snaha včas odhalit a upozornit na možné problémy, které by mohly ohrozit přechod ČR k trvale udržitelnému rozvoji a poté určit možnosti, kterými by šlo buď těmto hrozbám předcházet, nebo alespoň zmírnit následné dopady. [7]

Navázáním na prvotní dokument byla tzv. „Obnovená strategie udržitelného rozvoje“, která vznikla v roce 2007 jako reakce na obnovenou Strategii udržitelného rozvoje EU z roku 2006. Tento dokument obsahoval 12 částí, které vycházely a konkretizovaly z původních 6 oblastí a k tomu respektoval obnovenou strategii udržitelného rozvoje EU. Jednotlivé cíle a nástroje Obnovené strategie udržitelného rozvoje ČR jsou orientovány na zmenšování nerovnováhy mezi sociálním, ekonomickým a environmentálním pilířem udržitelného rozvoje. Následující cíle vycházejí ze základního motivu udržitelného rozvoje, tzn. vytvoření takových podmínek pro současnou generaci, které jí zajistí co možná nejvyšší kvalitu života, aniž by se snižovaly předpoklady pro kvalitní život budoucích generací. Strategickými cíly v ČR v oblasti udržitelného rozvoje jsou [7]:

- udržet stabilitu ekonomiky a zajistit její odolnost vůči negativním vlivům,
- podporovat ekonomický rozvoj respektující kapacitu únosnosti životního prostředí a zajišťující udržitelné financování veřejných služeb (udržitelnou ekonomiku),

- rozvíjet a všestranně podporovat ekonomiku založenou na znalostech a dovednostech a zvyšovat konkurenceschopnost průmyslu, zemědělství a služeb,
- zajišťovat na území ČR dobrou kvalitu všech složek životního prostředí a fungování jejich základních vazeb a harmonické vztahy mezi ekosystémy, v nejvyšší ekonomicky a sociálně přijatelné míře uchovat přírodní bohatství ČR tak, aby mohlo být předáno příštím generacím, a zachovat a nesnižovat biologickou rozmanitost,
- systematicky podporovat recyklaci, včetně stavebních hmot (snižující exploataci krajiny a spotřebu importovaných surovin),
- minimalizovat střety zájmů mezi hospodářskými aktivitami a ochranou životního prostředí a kulturního dědictví, hmotného i nehmotného,
- zajišťovat ochranu neobnovitelných přírodních zdrojů (včetně zemědělského půdního fondu),
- zachovat strategickou potravinovou soběstačnost ČR,
- obhajovat a prosazovat národní zájmy ČR v rámci nejširších mezinárodních vztahů, významných mezinárodních organizací i v rámci bilaterálních vztahů,
- dosáhnout splnění mezinárodních závazků ČR v oblasti udržitelného rozvoje,
- přispívat k řešení klíčových globálních problémů udržitelného rozvoje,
- udržet stabilní stav počtu obyvatel ČR a postupně zlepšovat jeho věkovou strukturu,
- trvale snižovat nezaměstnanost na míru odpovídající ekonomicko-sociálnímu motivování lidí k zapojování do pracovních aktivit,
- podporovat rozvoj lidských zdrojů a dosáhnout maximální sociální soudržnosti,
- zajistit stálý růst úrovně vzdělanosti ve společnosti, včetně vzdělanosti v kultuře, a tím zajišťovat konkurenceschopnost české společnosti,
- rozvíjet etické hodnoty v souladu s evropskými kulturními tradicemi,

- udržet vhodné formy rozmanitosti kultur, života venkova a aglomerací, zajistit kulturní diverzitu¹ a diverzitu životního stylu, zajistit rovnoprávnost komunit, dosažitelnost služeb dle jejich rozdílných životních potřeb a priorit,
- zpřístupňovat kulturu všem lidem zejména s ohledem na to, že kultura je základní součástí společnosti založené na znalostech a rozvojový faktor,
- podporovat udržitelný rozvoj obcí a regionů,
- podporovat rozvoj veřejných služeb a sociální infrastruktury,
- umožňovat účast veřejnosti na rozhodování a tvorbě strategií ve věcech týkajících se udržitelného rozvoje a vytvářet co nejširší konsenzus při přechodu k udržitelnému rozvoji,
- bránit posilování možností lobbistických a aktivistických skupin vydávat své partikulární zájmy za zájmy udržitelného rozvoje a takto odůvodněné je prosazovat proti zájmům celku,
- zvyšovat efektivnost výkonu a zlepšovat činnost veřejné správy v souladu s požadavky udržitelného rozvoje,
- přijímat opatření při zajišťování vnější a vnitřní bezpečnosti, která by odrážela požadavky ochrany před mezinárodními konflikty a měnící se formy kriminality, včetně mezinárodního zločinu a zejména terorismu.

¹ Druhová rozmanitost společenstva. Posuzuje se především podle dvou stránek: druhová bohatost (podíl mezi počtem druhů a počtem jedinců) a vyrovnanost (poměrné zastoupení jedinců mezi všemi druhy). Čím je vyšší diverzita v ekosystému, tím je ekosystém stabilnější. [8]

1.6 Strategie regionálního rozvoje ČR

Základním dokumentem zabývající se regionální politikou ČR je Strategie regionálního rozvoje, která byla vypracována Ministerstvem pro místní rozvoj a jeho hlavními oblastmi jsou zejména [9]:

- analýza stavu regionálního rozvoje,
- charakteristika silných a slabých stránek v rozvoji jednotlivých krajů a okresů,
- strategické cíle regionálního rozvoje v ČR,
- vymezení státem podporovaných regionů,
- doporučení dotčeným ústředním správním úřadům a krajům pro zaměření rozvoje odvětví spadajících do jejich působnosti.

Hlavní směry a cíle na regionální úrovni v ČR vycházejí nejen ze Strategie regionálního rozvoje, ale úzce souvisí již se zmiňovanou Strategií udržitelného rozvoje ČR a z reformního, pro růstového plánu popsaného ve Strategii hospodářského růstu ČR a Národním programu reformem. Všechny tyto dokumenty jsou určeny k naplnění hlavních cílů na regionální resp. krajské úrovni s vazbou na priority EU. V oblasti regionálního rozvoje je snahou vytvářet takové podmínky, které by vedly ke zvýšení konkurenceschopnosti regionů a s tím spojené zlepšení životní úrovně obyvatel, dále zkvalitňovat životní prostředí v regionech, rozvíjet infrastrukturu, cestovní ruch a rozvíjet lidský potenciál. Důležitou roli v regionálním rozvoji hraje odstraňování regionálních disparit². [9]

Strategie regionálního rozvoje vychází ze dvou poznatků [9]. Prvním z nich jsou: silné stránky, slabé stránky, vnější příležitosti a ohrožení rozvoje ČR jsou výrazně regionálně i jinak územně diferenciovány. Druhým z nich je existence dvou základních vzorců, pomocí nichž lze disparity v regionech potlačovat. Jeden preferuje zachování a využívání funkčních (z hlediska možností rozvoje pozitivních) rozmanitostí jednotlivých regionů. Druhý, který je odrazem čtyřicetileté historie regionální politiky uplatňované do roku 1989, naopak preferuje maximální potlačení rozdílů.

Problémy, které se týkají strategií udržitelného rozvoje na nižších úrovních státní správy je realizována různými způsoby. Na místní úrovni jsou jednotlivé akce iniciovány samotnými městy a obcemi. V roce 1994 vznikla Národní síť zdravých měst, která je realizována

² Regionální disparity jsou rozdíly v úrovni hospodářského, environmentálního a sociálního rozvoje regionů v míře, která je celospolečensky uznána za nežádoucí. [9]

místními Agendami 21 na místní úrovni a jsou součástí Evropské kampaně udržitelných měst a obcí (Aalborgská charta). Od roku 2003 je asociace otevřena všem formám municipalit. Asociaci dnes tvoří několik desítek měst, obcí, mikroregionů a krajů. Další aktivitou je „Týmová iniciativa pro místní udržitelný rozvoj“, která je založena na společných evropských indikátorech. Obecná evropská metodika byla upravena mírně, stejně jako původní soubor ukazatelů. Nicméně počet měst zapojených do iniciativy je stále nízký.

Regiony realizovaly myšlenku trvale udržitelného rozvoje různým způsobem. Vzhledem k tomu, že regiony byly ustanoveny poměrně nedávno, podnět přišel z venku. Teprve v roce 2005 byly vytvořeny 2 modely strategie udržitelného rozvoje regionů jako výstup projektu „Podpora při přípravě strategie udržitelného rozvoje ve vybraných regionech České Republiky“. Jednalo se o Liberecký a Ústecký kraj. Tyto dokumenty byly zpracovány v souladu s anglo-amerického modelu plánování také v regionálních podmínkách. Následně byla myšlenka udržitelného rozvoje začleňována i do strategických dokumentů ostatních regionů ČR.

Strategie udržitelného rozvoje na regionální i místní (obecní) úrovni by se měla opírat o uplatňování několika základních principů. Základním principem je solidarita mezi silnějšími a slabšími (často znevýhodněnými) regiony, resp. obcemi. Solidarita spolu s jejími vlivy patří do neekonomické skupiny, nicméně zdroje, jež jsou přerozdělovány, jsou reálným nákladem. Z tohoto důvodu by měly přinášet kladné hospodářské efekty nejen podporovaným, ale i těm, kteří podporu poskytují. Dalším principem je soudržnost. Nejvýznamnějším přínosem solidarity je posilování soudržnosti jednotlivých regionů a obcí daného státu. S tím ale souvisí možnost rovných příležitostí pro rozvoj všech územních celků, a odstraňování regionálních disparit v podobě zlepšování např. dopravní obslužnosti a dopravní infrastruktury nebo sociálních služeb. Třetím principem je růst, který má představovat další předpoklad pro úspěšný regionální i místní rozvoj ve všech aspektech udržitelného rozvoje. Růstem se myslí především hospodářský růst a růst kvality života obyvatel ČR. Posilování konkurenceschopnosti patří mezi další principy rozvoje regionů a oblastí. Postatou je využívání pozitivních výhod v jednotlivých regionech.

Pro období 2007 – 2013 je strategie regionálního rozvoje ČR orientována na co nejvýše možné čerpání prostředků z fondů Evropské Unie, a z tohoto důvodu jsou zavedeny cíle do operačních programů vycházejících z Národního rozvojového plánu a Národního strategického referenčního rámce. Regionální rozvoj je realizován těmito operačními programy [9]:

- regionální operační programy zpracováváné a implementované kraji (regiony soudržnosti NUTS 2), s důrazem na postižení specifík problémů a možností rozvoje jednotlivých krajů,
- integrovaný operační program zahrnující oblast služeb (sociální, zdravotní, informační, správní, kultury, cestovního ruchu, rekreace, atd.) s primárně regionální dimenzí, zpracovaný a implementovaný MMR ve spolupráci s kraji,
- sektorové operační programy pro oblasti podnikání, infrastruktura a rozvoj lidských zdrojů, zpracováváné a implementované ústředními orgány státní správy a pověřenými organizacemi, se sekundární regionální dimenzí.

1.7 Rozdělení regionů soudržnosti ČR

Jedná se o klasifikaci regionů podle sociálního a ekonomického rozvoje regionů soudržnosti ČR do následujících typů [10]:

- **regiony rychle se rozvíjející** – sem patří v případě ČR pouze region Praha, který má oproti ostatním regionům mnohé výhody pozitivně se projevujících v mnoha ukazatelích,
- **regiony se rozvíjející se** – sem patří regiony soudržnosti Jihozápad a Střední Čechy,
- **regiony s nízkou dynamikou růstu** – do této skupiny lze zařadit regiony soudržnosti Jihovýchod a Severovýchod,
- **regiony zaostávající** – sem patří region Střední Morava,
- **regiony upadající** – do této skupiny patří regiony soudržnosti Moravskoslezsko a Severozápad.

Současný vývoj regionů v ČR lze komplexním pohledem charakterizovat tak, že dochází k [10]:

- pomalému prohlubování regionálních rozdílů v sociálních poměrech obyvatelstva (zlepšování situace v regionech soudržnosti Praha a Střední Čechy, naopak zhoršování v regionech soudržnosti Severozápad a Moravskoslezsko),
- poměrně významnému prohlubování meziregionálních rozdílů v ekonomické výkonnosti (vnitřní rozdíly v regionech soudržnosti, ale také v rámci krajů ČR),

- prohlubování polohové diference ekonomického a v návaznosti na to sociálního rozvoje, pokud nedojde k razantnímu zlepšení dopravní dostupnosti,
- dynamickému prohlubování rozdílů v regionálně diferencované ekonomické atraktivitě (mikroregion Mladá Boleslav v regionu soudržnosti Střední Čechy jako příklad růstu),
- snižování rozdílů v kvalitě životního prostředí (v celé zemi).

1.8 Dílčí závěr

Cílem kapitoly bylo vymezit problém udržitelného rozvoje a vysvětlit základní pojmy spjaté s udržitelným rozvojem. Byly definovány a popsány základní definice a 3 pilíře udržitelného rozvoje. Popsány byly základní programové dokumenty (Agenda 21, Místní agenda 21) týkající se udržitelného rozvoje, a to jak na celosvětové úrovni, tak i na místní (obecní) a regionální úrovni. Na tyto dokumenty navazovala podkapitola zabývající se strategií udržitelného rozvoje v ČR, resp. regionální a místní úrovni. Závěr kapitoly byl věnován regionům soudržnosti ČR a popsání současného vývoje v těchto regionech.

2 Návrh indikátorů udržitelného rozvoje obcí Pardubického kraje

V této kapitole jsou navrženy indikátory (parametry) - ekonomické, sociální a environmentální, které se využívají pro hodnocení udržitelného rozvoje na úrovni obcí Pardubického kraje. Indikátory lze chápat, jako ukazatele vývoje určitého jevu, získané průběžným sledováním, zaznamenáváním a vyhodnocováním souboru přesně stanovených údajů. Indikátory udržitelného rozvoje ČR jsou navrženy na základě rozsáhlých analýz a srovnáváním mezinárodních indikátorů. Indikátory informují o významných skutečnostech ve vztahu k udržitelnosti rozvoje několika způsoby [10,11,12]:

- pokud je stanoven přímý cíl (např. objem emisí skleníkových plynů apod.) indikátory informují o dosažení, resp. přibližování nebo vzdalování od daného kvantitativního cíle,
- pokud není explicitní cíl stanoven, může být nahrazen zkušeností státu, se kterou lze dosaženou úroveň srovnávat, tzv. benchmarking,
- v případě existence dat a konstrukce indikátoru stejnou metodikou po delší časové období lze získat časové řady. Hodnocení pak lze doplnit analýzou trendu, která zvyšuje výpovědní hodnotu indikátoru, nicméně sama o sobě však není dostatečná. Podrobnější hodnocení je nutné vždy dělat v širším kontextu datovém (informačním), časovém i prostorovém.

Indikátory by měly odrážet funkčnost daných systémů. V případě vyskytnutí nějakého problému, by měly sloužit jako určitá nápověda, jak postupovat v řešení problému. Každý indikátor, který má být efektivní, by měl mít tyto vlastnosti [13]:

- efektivní indikátory se vztahují tématicky k oblasti, kterou sledujeme; podávají o systému informaci, kterou chceme zjistit,
- efektivní indikátory jsou srozumitelné všem, tedy i těm, kteří nejsou v dané oblasti odborníky,
- efektivní indikátory jsou hodnověrné; můžete věřit informaci, kterou vám poskytují,
- efektivní indikátory jsou založeny na přístupných a měřitelných datech; informace je k dispozici, nebo se dá získat v době, kdy je čas s ní pracovat.

2.1 Současné indikátory na úrovni obcí

Indikátory, které se využívají na úrovni obcí a měst v ČR vycházejí z tzv. Společných evropských indikátorů známých pod zkratkou ECI [13]. Společné evropské indikátory byly navrženy Evropskou komisí a v prvotní fázi se jednalo o více než 100 indikátorů. Postupem jednání, která probíhala mimo jiné i s desítky evropskými městy a jejich samosprávami, byla výstupem sada 10 tematických indikátorů, poté ještě doplněna o souhrnný ukazatel ekologické stopy. Města zapojená do iniciativy zabývající se evropskými indikátory na místní úrovni poskytla potřebná data, která sloužila jednak pro srovnání, ale i pro kontrolu navržených metodik.

Po dokončení a ustanovení indikátorů nebyla ze strany Evropské komise vyvíjena žádná aktivita týkající se ECI, nicméně zájem měst a obcí v ČR o využívání těchto indikátorů byl a i v současné době je poměrně veliký. Důležitá však byla modifikace vytvořené evropské metodiky, která by respektovala místní podmínky, a kterou by bylo možno aplikovat na co nejvíce možný počet obcí a měst ČR. Úpravou metodiky se zabývá Týmová iniciativa pro místní udržitelný rozvoj, zmíněná v 1. kapitole.

Indikátory na úrovni měst a obcí slouží k hodnocení politických i občanských aktivit. Obyvatelé se tak mohou dozvědět, jak se mění sociální, ekonomické, či environmentální jevy v oblasti, kde bydlí a zhodnotit tak působení a rozhodování politických činitelů. V důsledku toho tak mohou vyjadřovat své názory, postoje, které se mohou opírat o kvantifikovatelné údaje. Tato zpětná vazba od občanů a jiných občanských iniciativ má vliv na hledání nových cest a přístupů v oblasti udržitelného rozvoje jednotlivých měst a obcí. Obce se často snaží díky ukazatelům srovnávat s jinými obcemi a poukazovat tak na své dobré výsledky. Na paměti však musí zůstat, že ne všechny obce, či města, s kterými se jiná obec poměří má stejné regionální, či jiné charakteristické podmínky. Právě proto se využívá sada ECI, která je standardem udržitelnosti ve více než 160 evropských městech. Podstatnou roli ve využívání indikátorů na místní úrovni by pak měla hrát snaha o opětovné sledování identických indikátorů, pomocí nichž lze pak zjistit kladný nebo záporný vývoj sledovaných jevů.

2.1.1 Zvolení vhodných indikátorů

Zvolení vhodných indikátorů ať už pro obce či jiné vyšší územně samosprávné celky vychází ze dvou základních pojetí [13]. První přístup se opírá o to, že vhodné indikátory pro vývoj určí experti. Druhý přístup vychází z poznatků, které jsou spojeny s tradicemi a hodnotami obyvatel municipalit, které jsou sledovány. Velmi častým a používaným modelem je uplatnění obou zmíněných přístupů, tzn. jak využití znalostí experta, tak i zapojení obyvatel. Nutností však zůstává fakt, že primární princip pro tvorbu a zvolení daných indikátorů stojí na vědeckých metodách a postupech. Často se jedná o velmi složitý proces projednávající se širokou veřejností a zástupci místních samospráv.

Pro navrženou sadu indikátorů pro malé obce a města byla stanovena kritéria, tak aby byla využitelná v současné praxi. Jedná se o následující podmínky v podobě snadné zjistitelnosti či měřitelnosti vstupních dat, finanční nenáročnosti, reprezentaci všech oblastí rozvoje, srozumitelnosti pro představitele i občany obce, srovnatelnosti v čase a srovnatelnosti na místní i regionální úrovni a snadné modifikovatelnosti podle aktuálních potřeb [13].

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

V této podkapitole jsou popsány indikátory, které jsou využívány a měřeny na úrovni obcí Pardubického kraje. Data byla získána z Českého statistického úřadu a pobočky Českého statistického úřadu v Pardubicích a budou sloužit jako podklad pro klasifikaci obcí na úrovni udržitelného rozvoje. Součástí podkapitoly je předzpracování dat. V tabulce 1 jsou uvedeny indikátory pro jednotlivé oblasti udržitelného rozvoje.

Tabulka 1: 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) (%) X1	Kanalizace s ČOV X14	Vyjíždějící do zaměstnání mimo obec (městskou část) na počtu obyvatel X33
Koncentrace ekonomiky X2	Kanalizace bez ČOV X15	Vyjíždějící do škol mimo obec (městskou část) na počtu obyvatel X34
Průměrná mzda/průměr kraje X3	Podíl orné půdy ze zemědělské půdy (%) X16	Přirozený přírůstek X35
Dluhová služba X4	Podíl trvalých travních porostů ze zemědělské půdy (%) X17	Růst počtu obyvatel X36
Dluh na obyvatele X5	Podíl zastavěných a ostatních ploch z celkové výměry (%) X18	Dojíždějící do zaměstnání do obce (městské části) na počtu obyvatel X37
Podíl opakujících se příjmů a běžných výdajů X6	Podíl vodních ploch z celkové výměry (%) X19	Dojíždějící do škol do obce (městské části) na počtu obyvatel X38
Podíl vlastních příjmů X7	Podíl lesů z celkové výměry (%) X20	Počet trvale obydlených bytů (TOB) na počtu obyvatel X39
Podíl kapitálových výdajů X8	Orná půda (rozloha) na počet obyvatel (ha) X21	Počet bytů sloužících k rekreaci v neobydlených domech na počtu obyvatel X40
Podíl investičních příjmů X9	Koeficient ekologické stability X22	Podíl obyvatel v TOB zásobovaných pitnou vodou z vodovodu (%) X41
Likvidní majetek na obyvatele X10	Podíl rozlohy zahrad na počtu obyvatel (ha) X23	Podíl obyvatel v TOB s plynem zavedeným do bytu (%) X42
Příjmy na obyvatele X11	Podíl rozlohy ovocných sadů na počtu obyvatel (ha) X24	Podíl obyvatel v TOB napojených na kanalizaci (%) X43
Přijaté dotace na obyvatele X12	Podíl rozlohy trvalých travních porostů na počtu obyvatel (ha) X25	Počet obyvatel X44
Počet podnikatelských subjektů na tis. obyvatel X13	Podíl rozlohy lesní půdy na počtu obyvatel (ha) X26	Míra nezaměstnanosti X45
	Podíl zemědělské půdy na počtu obyvatel (ha) X27	Podíl VŠ obyvatel X46
	Podíl rozlohy vodních ploch na počtu obyvatel (ha) X28	Stanice vlaku X47
	Podíl rozlohy zastavěných ploch na počtu obyvatel (ha) X29	Saldo migrace X48
	Podíl rozlohy ostatních ploch na počtu obyvatel (ha) X30	Podíl obyvatel ve věku 0 - 14 let na celkovém počtu obyvatel (%) X49
	Podíl rozlohy chmelnic na počtu obyvatel (ha) X31	Podíl obyvatel ve věku 65 let - více na celkovém počtu obyvatel (%) X50
	Podíl rozlohy vinic na počtu obyvatel (ha) X32	Počet dokončených bytů na počtu obyvatel X51
		Počet lázeňských léčeben X52
		Počet lůžek v lázeňských léčebnách X53
		Živě narození X54
		Zemřelí X55
		Počet uchazečů o zaměstnání na počtu obyvatel X56

2.3 Koeficient korelace

Předzpracování dat a návrhu parametrů pro jednotlivé oblasti bude využita korelační analýza, resp. korelační koeficient, jehož definice vychází z předpokladu, že existují dvě náhodné veličiny X a Y s konečnými nenulovými rozptyly DX a DY . Jsou - li tyto náhodné veličiny závislé, je třeba tuto závislost vyjádřit. K vyjádření míry závislosti dvou náhodných veličin se používá korelační koeficient, který je definován takto [14]:

$$\rho_{X,Y} = \frac{\text{cov}(X,Y)}{\sqrt{DX} * \sqrt{DY}} \quad (2.1)$$

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

2.4 Standardizace dat

Často se stává, že hodnoty znaků měřených objektů jsou v různých jednotkách a důsledkem toho se mohou některé znaky jevit jako dominující. Význam standardizace dat spočívá v zajištění souměřitelnosti dat pomocí přiřazení stejné váhy všem znakům a odstranění závislosti na jednotkách. Díky standardizaci je možné srovnávat hodnoty parametrů udržitelného rozvoje. [15]

Jednou z možností je provedení standardizace každého znaku do svého z-skóre. Nechť je dána matice $Z=(z_{ij})$ dat typu $n \times p$, kde řádky jsou p -rozměrné vektory čísel charakterizující objekty určené ke shlukování. V každém sloupci matice jsou prováděny následující úpravy. Vypočte se střední hodnota \bar{z}_j j -tého znaku z_j a směrodatná odchylka s_j pro $j = 1, 2, \dots, p$ podle vztahů [15]:

$$\bar{z}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_{ij} , \quad (2.2)$$

$$s_j = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (z_{ij} - \bar{z}_j)^2} , \quad (2.3)$$

Poté se výsledné standardizované hodnoty vypočítají na základě vztahu [15]:

$$z_{ij} = \frac{(z_{ij} - \bar{z}_j)}{s_j} . \quad (2.4)$$

Takto standardizované hodnoty mají střední hodnotu = 0 a rozptyl = 1. Pokud jsou hodnoty některých znaků před standardizací záporné, po standardizaci se jeví jako podprůměrné hodnoty. Kladné hodnoty před standardizací se po úpravě jeví jako nadprůměrné. [15]

2.5 Ekonomické parametry

Po vytvoření korelační matice v MS Excel byly zjišťovány parametry, které spolu korelují, tzn. je mezi nimi významná závislost. Tuto závislost je možno vidět v tabulce 2, která je korelační maticí, a díky tomu byly z další práce odebrány tyto ekonomické parametry:

- podíl ekonomicky aktivních (v priméru a sekundéru) - X1,
- podíl investičních příjmů - X9,
- příjmy na obyvatele - X11.

Indikátor X1 byl odebrán z důvodu vysoké korelace s indikátorem X2 (koncentrace ekonomiky). Větší vypovídající hodnotu o ekonomické situaci obce má indikátor X2, proto byl ponechán. Parametr X9 koreloval s dvěma indikátory, a to X11 (příjmy na obyvatele) a X12 (přijaté dotace na obyvatele), proto byl také odebrán. Poslední parametr, který byl odebrán, byl X11, neboť koreloval s parametrem X12. Ostatní indikátory jsou popsány dle [15,16] dále.

Tabulka 2: Korelační matice ekonomických parametrů. Zdroj: [vlastní]

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
X1	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
X2	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
X3	-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
X4	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
X5	-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
X6	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
X7	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
X8	-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
X9	-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
X10	-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
X11	-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
X12	-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
X13	-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

Pro zajištění přehlednosti jsou parametry, které budou použity pro modelování značeny jako P1, P2, ... , P10. Popisná statistika ekonomických indikátorů P1 - P10 je uvedena v tabulce 3.

parametr P1: Koncentrace ekonomiky

Parametr koncentrace ekonomiky udává koncentraci zaměstnanosti obyvatel v daném odvětví ekonomiky v dané obci. Čítec je dán počtem obyvatel zaměstnaných v i -tém odvětví ekonomiky, kde $i=1,2,\dots,n$, n = počet odvětví. Jmenovatel je vyjádřen jako celkový počet zaměstnaných obyvatel. Nízká hodnota parametru značí dlouhodobou pružnost místní ekonomiky a ochranu proti úpadku jednoho odvětví.

parametr P2: Průměrná mzda / průměr kraje

Parametr je dán podílem průměrného platu v obci a průměrného platu v kraji. Jedná se o srovnání průměrné mzdy v obci s průměrnou mzdou daného kraje.

parametr P3: Dluhová služba

Dluhová služba je charakterizována jako roční platby úroků spolu s ročními splátkami. Opakující se příjmy jsou celkové příjmy bez jednorázových a kapitálových příjmů. Ukazatel je v intervalu $<0,1>$. Hodnotu indikátoru nad 0,15 lze považovat za signál hrozící dluhové pasti. Významná část příjmů obce je pak používána na pokrytí dluhové služby.

parametr P4: Dluh na obyvatele

Jedná se o celkový dluh resp. zadluženost obce v Kč, která je přepočtena na jednoho obyvatele obce. Indikátor vyjadřuje hrubou míru zadluženosti obce, tzn. výši dluhu připadající na jednoho obyvatele obce. Hodnotu parametru je nutné porovnávat s ostatními hodnotami (obcemi) v regionu.

parametr P5: Podíl opakujících se příjmů a běžných výdajů

Jedná se o parametr hodnotící kvalitu rozpočtového hospodaření. V případě, že parametr $P5 > 1$, dá se označit finanční situace jako dobrá, což mimo jiné znamená i lepší pozici z hlediska dluhové kapacity a díky tomu mohou obce použít běžný přebytek k financování svých závazků.

parametr P6: Podíl vlastních příjmů

Parametr je dán podílem vlastních příjmů na celkových příjmech. Čím vyšší je podíl vlastních příjmů na celkových příjmech, tím větší je rozpočtová a daňová nezávislost obce a v neposlední řadě i menší zadluženost obce. Ukazatel je v intervalu $\langle 0,1 \rangle$.

parametr P7: Podíl kapitálových výdajů

Parametr je dán podílem kapitálových výdajů na celkových výdajích. Větší hodnota tohoto parametru značí větší snahu investování obce a snahu o trvalý rozvoj. Ukazatel je v intervalu $\langle 0,1 \rangle$.

parametr P8: Likvidní majetek na obyvatele

Parametr je dán podílem likvidního majetku obce na podílu počtu obyvatel obce. Jako likvidní majetek obce jsou označovány např. zemědělské pozemky obce, či jiný majetek sloužící ke komerčním účelům, často jako zástava bankovních úvěrů.

parametr P9: Přijaté dotace na obyvatele

Přijaté dotace na obyvatele vyjadřuje celkovou výši získaných finančních prostředků z dotací na 1 obyvatele. Ukazatel je udáván v tis. Kč / obyvatele.

parametr P10: Počet podnikatelských subjektů / tis. obyvatel.

Parametr vyjadřuje počet podnikatelských subjektů působící v obci přepočítán na tisíc obyvatel. Za podnikatelský subjekt je považován podnikatel, který je zapsán v obchodním rejstříku, nebo podniká na základě živnostenského oprávnění či jiných právem stanovených předpisů.

Tabulka 3: Popisná statistika ekonomických indikátorů P1 - P10. Zdroj: [vlastní]

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
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

2.6 Environmentální parametry

Při prvotním návrhu bylo stanoveno 19 environmentálních parametrů. Z důvodu nulového výskytu v Pardubickém kraji byly před korelační analýzou vyloučeny parametry: X31 (podíl rozlohy chmelnic na počtu obyvatel), X32 (podíl rozlohy vinic na počtu obyvatel). Po vytvoření korelační matice v MS Excel bylo pro environmentální oblast vybráno 11 parametrů. Závislosti mezi jednotlivými indikátory jsou uvedeny v tabulce 4, která vyjadřuje koeficienty korelace. Odebrány byly tyto indikátory:

- podíl trvalých travních porostů ze zemědělské půdy - X17,
- podíl lesů z celkové výměry (%) - X20,
- orná půda (rozloha) na počet obyvatel (ha) - X21,
- podíl rozlohy vodních ploch na počtu obyvatel (ha) - X28,
- podíl rozlohy zastavěných ploch na počtu obyvatel (ha) - X29,
- podíl rozlohy ostatních ploch na počtu obyvatel (ha) - X30.

Indikátor X17 byl odebrán z důvodu korelace s parametry X16 (podíl orné půdy ze zemědělské půdy) a X25 (podíl rozlohy trvalých travních porostů na počtu obyvatel). Parametr X20 koreloval s indikátory X22 (koeficient ekologické stability) a X26 (podíl rozlohy lesní půdy na počtu obyvatel). Parametr X21 byl odebrán, protože koreloval s indikátory X29 a X30. Dalším odebraným indikátorem byl X28, neboť koreloval s parametry X19 (podíl vodních ploch z celkové výměry) a X30. Indikátor X29 byl odebrán, protože koreloval s parametry X21 a X30. Parametr X30 byl odebrán z důvodu korelace s indikátory X21, X28, X29. Ponechané environmentální indikátory jsou popsány dle [15, 16].

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

	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22	X23	X24	X25	X26	X27	X28	X29	X30
X14	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
X15	-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
X16	-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
X17	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
X18	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
X19	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
X20	-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
X21	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
X22	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
X23	-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
X24	-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
X25	-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
X26	-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
X27	-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
X28	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
X29	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
X30	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

Pro zajištění přehlednosti jsou parametry, které budou použity pro modelování značeny jako P11, P12, ... , P21. Popisná statistika environmentálních indikátorů P11 - P21 je uvedena v tabulce 5.

parametr P11: Kanalizace s ČOV

Kanalizace s ČOV je parametr vyjadřující situaci, kdy v obci je zavedena kanalizace včetně čističky odpadních vod. Situace je vyjádřena pomocí binárních hodnot, kde 1 znamená výskyt kanalizace s ČOV, 0 znamená, že se v obci nevyskytuje kanalizace s ČOV.

parametr P12: Kanalizace bez ČOV

Kanalizace bez ČOV je parametr vyjadřující situaci, kdy v obci je zavedena kanalizace bez čističky odpadních vod. Situace je vyjádřena pomocí binárních hodnot, kde 1 znamená výskyt kanalizace bez ČOV, 0 znamená, že se v obci nevyskytuje kanalizace bez ČOV.

parametr P13: Podíl orné půdy ze zemědělské půdy (%)

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

parametr P14: Podíl zastavěných a ostatních ploch z celkové výměry (%)

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

parametr P15: Podíl vodních ploch z celkové výměry (%)

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

parametr P16: Koeficient ekologické stability

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.

parametr P17: Podíl rozlohy zahrad na počtu obyvatel (ha / 1 obyv.)

Parametr je dán poměrem počtu hektarů zahrad a celkovým počtem obyvatel obce. 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. Ukazatel je udáván v hektarech.

parametr P18: Podíl rozlohy ovocných sadů na počtu obyvatel (ha / 1 obyv.)

Parametr je dán poměrem počtu hektarů ovocných sadů a celkovým počtem obyvatel obce. 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 jaderovin a třešní, 150 stromů u vysoko- a polokmenů švestek, slív, rynglí a višní, 200 stromů u vysoko- a polokmenů meruněk, broskví a čtvrtkmenů jaderovin a 400 stromů u čtvrtkmenů meruněk, broskví a višní. Ukazatel je udáván v hektarech.

parametr P19: Podíl rozlohy trvalých travních porostů na počtu obyvatel (ha / 1 obyv.)

Parametr je dán poměrem počtu hektarů travních porostů a celkovým počtem obyvatel obce. Ukazatel se skládá z 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. Ukazatel je udáván v hektarech.

parametr P20: Podíl rozlohy lesní půdy na počtu obyvatel (ha / 1 obyv.)

Parametr je dán poměrem počtu hektarů lesní půdy a celkovým počtem obyvatel obce. 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. Ukazatel je udáván v hektarech.

parametr P21: Podíl zemědělské půdy na počtu obyvatel (ha / 1 obyv.)

Parametr je dán poměrem počtu hektarů zemědělské půdy a celkovým počtem obyvatel obce. 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 součtem výměr těchto druhů pozemků: orná půda, chmelnice, vinice, zahrady, ovocné sady a trvalé travní porosty. Ukazatel je udáván v hektarech.

Tabulka 5: Popisná statistika environmentálních indikátorů P11 – P21. Zdroj: [vlastní]

	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21
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

2.7 Sociální parametry

Před zpracováním dat pro sociální oblast bylo stanoveno 24 indikátorů. V MS Excel po provedení předzpracování dat a korelační analýzy byl počet sociálních indikátorů redukován na 18. Korelační matice s koeficienty korelace je znázorněna v tabulce 6. Odebrány byly následující indikátory:

- přirozený přírůstek - X35,
- růst počtu obyvatel - X36,
- počet lůžek v lázeňských léčebnách - X53,
- živě narození - X54,
- zemřelí - X55,
- počet uchazečů o zaměstnání na počtu obyvatel - X56.

Indikátor X35 byl odebrán z důvodu vysoké korelace s indikátory X44 (počet obyvatel), X54, X55. Indikátor X36 byl odebrán z důvodu korelace s parametrem X39 (počet trvale

obydlených bytů na počet obyvatel). Další odebraný indikátor byl X53, neboť koreloval s parametrem X52 (počet lázeňských léčení). Parametr X54 byl odebrán z důvodu korelace s parametry X35, X44 a X48 (saldo migrace) a parametr X55 byl odebrán s důvodu korelace s X35, X44 a X54. Indikátor X56 byl odebrán, neboť koreloval s indikátorem X45 (míra nezaměstnanosti). Zbylé sociální parametry P22, P23, ... , P39 jsou popsány dle [16] níže. Popisná statistika sociálních indikátorů P22, P23, ... , P39 je uvedena v tabulce 7.

Tabulka 6: Korelační matice sociálních indikátorů. Zdroj: [vlastní]

	X33	X34	X35	X36	X37	X38	X39	X40	X41	X42	X43	X44	X45	X46	X47	X48	X49	X50	X51	X52	X53	X54	X55	X56
X33	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
X34	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
X35	-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
X36	-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
X37	-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
X38	-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
X39	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
X40	-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
X41	-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	-0.07
X42	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	-0.09	0.16	0.03	0.03	0.19	0.19	-0.27
X43	-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
X44	-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	0.02	1.00	0.99	-0.06
X45	-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
X46	-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
X47	-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
X48	-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
X49	-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
X50	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
X51	-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
X52	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
X53	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
X54	-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
X55	-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
X56	-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

parametr P22: Vyjíždějící do zaměstnání mimo obec (městskou část) na počtu obyvatel

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).

parametr P23: Vyjíždějící do škol mimo obec (městskou část) na počtu obyvatel

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 učni. Tzn. mezi vyjíždějící žáky, studenty a učně patří jak pracující studenti a učni, tak osoby ekonomicky neaktivní (děti, studenti a učni).

parametr P24: Dojíždějící do zaměstnání do obce (městské části) na počtu obyvatel 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).

parametr P25: Dojíždějící do škol do obce (městské části) na počtu obyvatel

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 učiteli patří jak pracující studenti a učni, tak osoby ekonomicky neaktivní (děti, studenti a učni).

parametr P26: Počet trvale obydlených bytů (TOB) na počet obyvatel

Parametr vyjadřuje podíl počtu trvale obydlených bytů na počtu obyvatel obce. 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)

parametr P27: Počet bytů sloužících k rekreaci v neobydlených domech na počet obyvatel

Ukazatel vyjadřuje podíl neobydlených bytů sloužících k rekreaci nevyčleněných z bytového fondu na celkovém počtu obyvatel. 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.

parametr P28: Podíl obyvatel v TOB zásobovaných pitnou vodou z vodovodu (%)

Jedná se o podíl počtu obyvatel podle druhu bydlení a vybavení bytu na celkovém počtu obyvatel s tímto druhem bydlení v území. V čitateli podílu je počet obyvatel 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. Ukazatel je udáván v procentech.

parametr P29: Podíl obyvatel v TOB s plynem zavedeným do bytu (%)

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. Ukazatel je udáván v procentech.

parametr P30: Podíl obyvatel v TOB napojených na kanalizaci (%)

Jedná se o podíl počtu obyvatel podle druhu bydlení a vybavení bytu na celkovém počtu obyvatel s tímto druhem bydlení v území. V čitateli podílu je počet obyvatel 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. Ukazatel je udáván v procentech.

parametr P31: Počet obyvatel

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.

parametr P32: Míra nezaměstnanosti (%)

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. Ukazatel je udáván v procentech.

parametr P33: Podíl VŠ obyvatel

Jedná se o podíl počtu obyvatel s vysokoškolským vzděláním na počtu obyvatel dané obce. V čitateli podílu je počet obyvatel území, jejichž dosažené dokončené vzdělání

je vzdělání vysokoškolské nebo vyšší, ve jmenovateli pak hodnota celkového počtu obyvatel území. Ukazatel je udáván v procentech.

parametr P34: Stanice vlaku

Parametr stanice vlaku vyjadřuje situaci, kdy buď v obci je stanice vlaku (1), nebo v obci není stanice vlaku (0). Jedná se o binární vyjádření.

parametr P35: Saldo migrace

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

parametr P36: Podíl obyvatel ve věku 0 - 14 let na celkovém počtu obyvatel (%)

Jedná se o podíl počtu obyvatel podle věku na celkovém počtu obyvatel území. V čitateli podílu je počet obyvatel území, kteří nedosáhli věku 15 let, ve jmenovateli pak hodnota celkového počtu obyvatel. Ukazatel je udáván v procentech.

parametr P37: Podíl obyvatel ve věku 65 let a více na celkovém počtu obyvatel (%)

Jedná se o podíl počtu obyvatel podle věku na celkovém počtu obyvatel území. V čitateli podílu je počet obyvatel území, kteří dosáhli věku 65 let nebo vyššího, ve jmenovateli pak hodnota celkového počtu obyvatel. Ukazatel je udáván v procentech.

parametr P38: Počet dokončených bytů na počet obyvatel

Parametr je dán podílem počtu dokončených bytů v obci na celkovém počtu obyvatel v obci. 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.

parametr P39: Počet lázeňských léčeben

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

Tabulka 7: Popisná statistika sociálních indikátorů P22 – P39. Zdroj: [vlastní]

	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30	P31	P32	P33	P34	P35	P36	P37	P38	P39
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

2.8 Vektor vstupních parametrů udržitelného rozvoje

Z navržených indikátorů je třeba určit vektor m proměnných, které popisují n objektů o_1, o_2, \dots, o_n . Proměnné lze charakterizovat vektorem \mathbf{p} ve tvaru $\mathbf{p} = (p_1, p_2, \dots, p_m)$. Pro n obcí lze navržený vektor vyjádřit ve tvaru datové matice \mathbf{M} , kde x_{ij} je hodnota j -tého parametru pro i -tou oblast.[15]

$$\mathbf{M} = \begin{matrix} & \begin{matrix} p_1 & \dots & p_j & \dots & p_m \end{matrix} \\ \begin{matrix} o_1 \\ \dots \\ o_i \\ \dots \\ o_n \end{matrix} & \left[\begin{array}{ccccc} x_{1,1} & \dots & x_{1,j} & \dots & x_{1,m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{i,1} & \dots & x_{i,j} & \dots & x_{i,m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n,1} & \dots & x_{n,j} & \dots & x_{n,m} \end{array} \right] \end{matrix} \quad (2.5)$$

2.9 Dílčí závěr

Tato kapitola je věnována v úvodu vymezení pojmu indikátor, resp. ukazatel a popsání problematiky týkající se indikátorů na místní úrovni. V další části kapitoly je vytvořen přehled všech indikátorů, které slouží pro hodnocení obcí. Na tento přehled navazuje podkapitola zabývající se ekonomickými, environmentálními a sociálními indikátory z hlediska provedení korelační analýzy, redukci a odstranění některých indikátorů a popsání všech ostatních, tzn. těch, které slouží pro modelování udržitelného rozvoje obcí Pardubického kraje.

3 Neuronové sítě

3.1 Neuronová síť

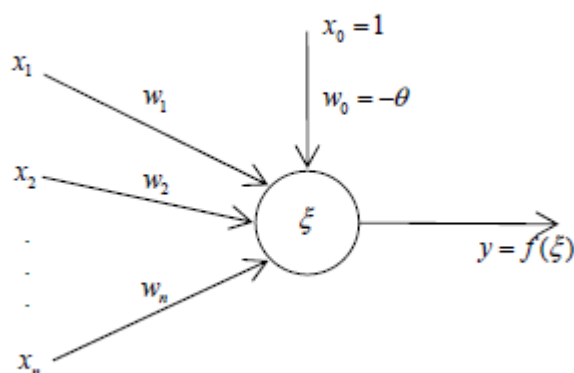
Neuronovou sítí si lze představit jako orientovaný graf $G = (V, E)$, kde $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ představuje množinu n vrcholů (neuronů) a $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$ množinu m ohodnocených hran (synapsí). Každý hranový spoj $e \in E$ je reprezentován uspořádanou dvojicí dvou neuronů z množiny V , $e = (v, v')$, což znamená, že daný spoj začíná v neuronu v a končí v neuronu v' . [17]

Jiná definice označuje neuronovou sítí za masivně paralelní procesor, který je vytvořený z jednotek (neuronů), které mají přirozenou schopnost ukládat nebo uchovávat znalosti a později je využívat. Neuronová síť napodobuje činnost lidského mozku ve dvou základních aspektech [18]:

- znalosti (poznatky) jsou sbírány v neuronové síti během doby učení,
- mezineuronová spojení resp. synaptické váhy jsou využívány na ukládání získaných znalostí.

Z těchto dvou definicí plyne, že neuronová síť je systém skládající se z výpočetních jednotek (neuronů) propojených pomocí synapsí, které jsou ohodnoceny váhami. Neuronů jsou v síti schopny z vnějšího resp. do vnějšího prostředí vysílat ale i přijímat signály. Díky schopnosti adaptaci vah - učit se na základě poskytnutých trénovacích vzorů, je možno pomocí neuronových sítí realizovat kvalitativně novou funkci implicitně obsaženou v trénovacích datech. Kromě schopnosti učit se, má neuronová síť další velmi podstatnou schopnost tzv. generalizace (zevšeobecňování) získaných poznatků např. i těch, na které nebyla síť naučena. [19]

Základní jednotka neuronové sítě, jinak řečeno formální neuron je znázorněn na obrázku 2. Formální neuron se skládá ze vstupů x_1, x_2, \dots, x_n a vah spojů w_1, w_2, \dots, w_n . Práh neuronu je označen jako θ a vnitřní potenciál ζ . Výstup neuronu označovaný $y = (\zeta)$ je pak získaný aplikací aktivační funkce na potenciál. Při procesu učení jsou hledány optimální hodnoty vah, tak, aby pro vstupy z trénovací množiny byly nalezeny odpovídající hodnoty výstupů. Hodnota prahu určuje, kdy je daný neuron aktivní a kdy naopak neaktivní. [19]



Obrázek 2: Struktura formálního neuronu. Zdroj [19]

3.2 Topologie neuronové sítě

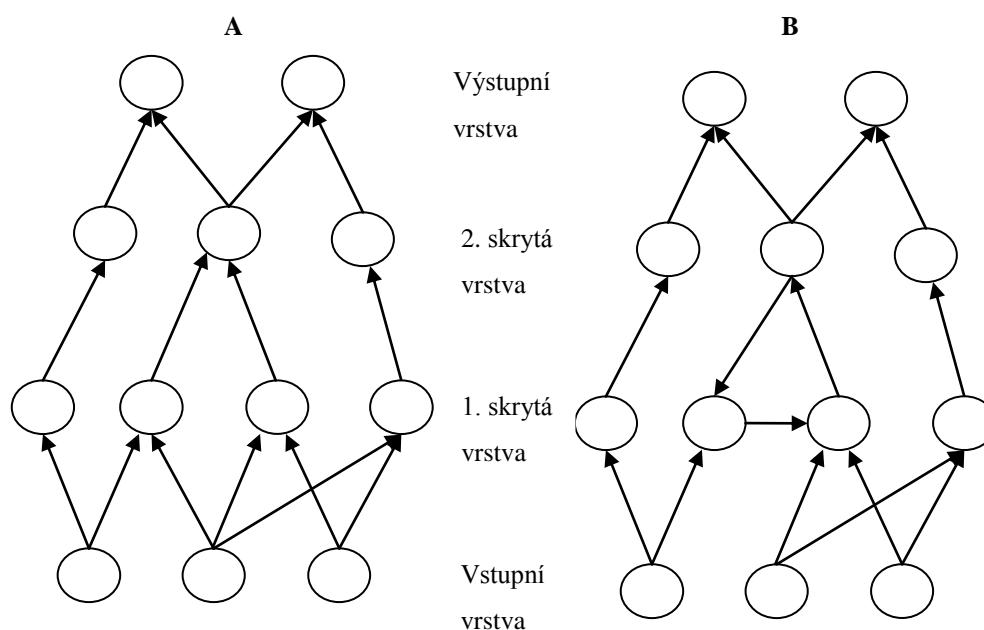
Jak již bylo uvedeno, neuronová síť se skládá z formálních neuronů. Tyto neurony jsou mezi sebou spojeny způsobem, kdy výstup jednoho neuronu je vstupem pro jiný neuron, či neurony. Podle uspořádání neuronů, jejich počtu a jejich vzájemném propojení rozlišujeme různé druhy (topologie) neuronových sítí.

Neuronovou síť (vrstevnatou) lze rozdělit na jednu vrstvu vstupních neuronů (input layer), jednu nebo více vrstev skrytých neuronů (hidden layers) a jednu vrstvu výstupních neuronů (output layer) [17]. Vstupní vrstva obsahuje neurony, jejichž funkcí je přijímat signály z vnějšího prostředí a poté je pomocí svého výstupu předat do další vrstvy. Neurony ve skryté vrstvě jsou vloženy mezi vstup a výstup sítě a mají schopnost extrahovat některé významné hodnoty. Pokud dochází ke zvětšování počtu skrytých neuronů, roste počet synaptických spojení. Neurony ve výstupní vrstvě mají za úkol přijmout informace ze skrytých vrstev a předat opět do vnějšího prostředí. Výstupní signály jsou pak odezvou neuronové sítě na signály vstupní.

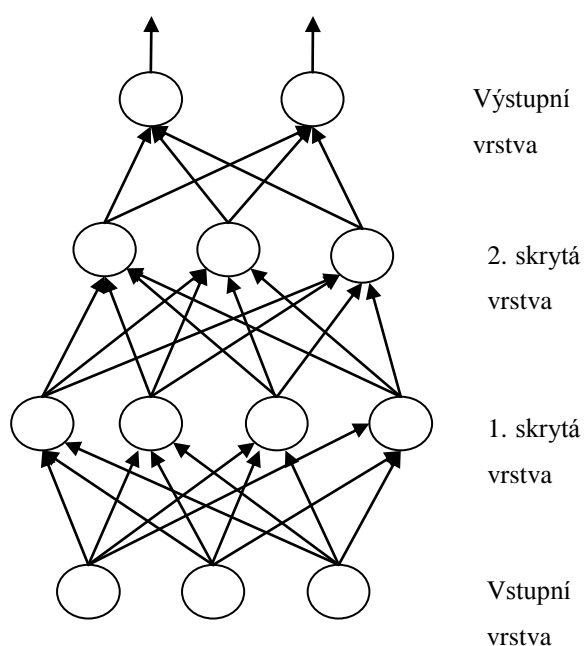
Podle způsobu propojení neuronů v neuronové síti a směru šíření signálu rozlišujeme dva základní typy struktury neuronových sítí [17]:

- **dopředné sítě** (acyklické) – u těchto sítí se signál šíří pouze jedním směrem od vstupu směrem k výstupu sítě a propojení neuronů mezi sebou nevytváří žádný uzavřený cyklus,
- **rekurentní sítě** (cyklické) – tento typ sítí, se vyznačuje, možností šíření signálu v přímém směru, ale i zpětně a propojení neuronů vytváří orientovanou cyklickou strukturu.

Zvláštním typem dopředných neuronových sítí je vícevrstvá síť s úplným propojením neuronů mezi jednotlivými vrstvami (úplný bipartitní graf), což znamená, že výstup každého neuronu v jedné vrstvě je napojen na vstup všech neuronů následné vrstvy. Na obrázku 3 je znázorněna struktura dopředné a rekurentní neuronové sítě, další obrázek 4 znázorňuje strukturu bipartitní sítě.



Obrázek 3: Neuronová síť. A – dopředná neuronová síť, B – rekurentní neuronová síť. Zdroj: [17]



Obrázek 4: Neuronová síť - úplný bipartitní graf. Zdroj: [17]

3.3 Proces učení v neuronových sítích

Proces učení v neuronových sítích, označován též jako adaptační proces, spočívá v nastavování synaptických vah, prahu a dalších nastavitelných parametrů dané neuronové sítě tak, aby naměřená odchylka mezi jejím skutečným a požadovaným výstupem při odezvě na vzor trénovacích dat byla minimální [20]. Obecně se neuronové sítě mohou učit změnou nějakého vhodného souboru parametrů např. synaptické váhy, přenosové funkce, v některých případech však proces učení může probíhat na základě postupných změn struktury sítě.

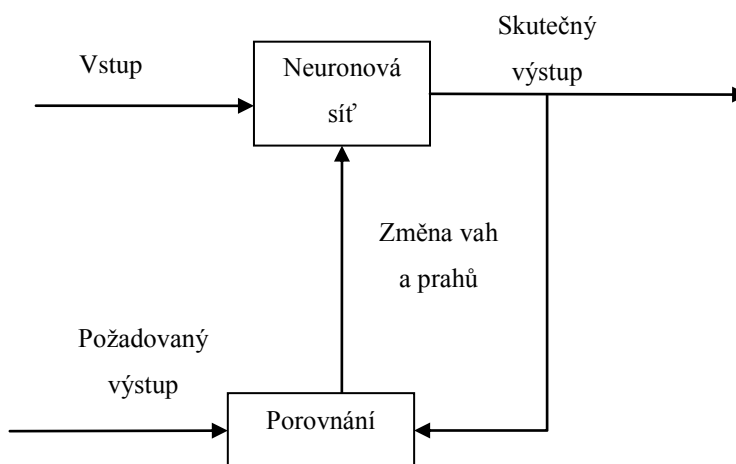
Pro správné naučení neuronové sítě je důležité vybrat vhodné parametry, pomocí nichž jsou prováděny změny při učení neuronové sítě. Souhrn všech parametrů sítě (adaptační soubor) lze charakterizovat jeho velikostí, použitelným rozsahem jeho parametrů a citlivostí modelu sítě na změnu těchto parametrů. Adaptační soubor by měl mít takovou velikost a nastavenou citlivost výstupu neuronové sítě na změny, aby odrážel reálnou možnost charakteru sítě. Při velmi nízkých nastavených hodnotách může docházet k pomalému učení, při nastavení vysokých hodnot může docházet naopak k nestabilitě učícího procesu. Způsoby učení lze rozlišit do mnoha skupin podle těchto hledisek [20]:

- zda v procesu učení jsou adaptovány jen zvolené parametry nebo i celá struktura sítě,
- podle výběru nastavitelných parametrů,
- zda jde o učení s učitelem nebo o učení bez učitele,
- podle charakteru použitého algoritmu při učení,
- podle rychlosti, výkonnosti a přesnosti učícího postupu,
- podle druhu struktury, na který lze daný učící proces uplatnit.

3.3.1 Učení s učitelem

Tento typ učení spočívá v tom, že neuronové síti je postupně předkládána tzv. trénovací množina, která je tvořena dvojicí (vstup, požadovaný výstup). Požadovaný výstup (učitel) informuje síť, jak má zareagovat na předložený vstup. Jakmile je síti předložen vstup, vypočte se skutečný výstup a tento skutečný výstup je následně porovnáván s výstupem požadovaným. Poté trénovací algoritmus provádí úpravy váhových hodnot, aby rozdíl mezi skutečným a požadovaným výstupem byl minimální (na základě vyhodnocené chyby). Učení s učitelem

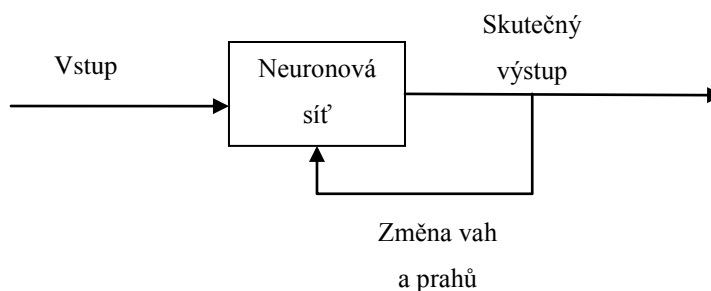
vyžaduje nejvíce informací pro adaptaci sítě. Na obrázku 5 je zobrazený proces učení s učitelem. [21]



Obrázek 5: Grafické znázornění učení s učitelem. Zdroj: [21]

3.3.2 Učení bez učitele

Neuronové sítě s takovým typem učení vyžadují pouze předkládání vstupů. Samotné učení je založeno na schopnosti neuronové sítě rozeznávat ve vstupních datech podobné vlastnosti a následně upravovat váhy tak, aby síť reagovala na podobné vstupy podobnými výstupy. Učení bez učitele je označováno též jako tzv. samoorganizace, což znamená, že síť má schopnost se přizpůsobovat zadanému problému a třídit vstupy do shluků (clusterů). Na obrázku 6 je zobrazena grafická struktura učení bez učitele. [21]



Obrázek 6: Grafické znázornění učení bez učitele Zdroj: [21]

3.4 Oblasti využití neuronových sítí

Neuronové sítě je možno použít na úlohy vztahující se zpracování neúplných, nepřesných nebo neurčitých informací, dále rozpoznávání složitých signálů a obrazů nebo na úlohy optimalizačního charakteru. V praxi tedy existuje velké množství úloh, které se vztahují k řešení problémů, kde není znám jednoznačný algoritmus řešení, ale existuje i velké množství příkladů, kde řešení úlohy je známo.

Oblasti, kde není vhodné použít neuronové sítě k řešení problému, jsou úlohy, kde je zapotřebí přesných výpočtů – pro zpracování numerických úloh.

Mezi některé aplikace neuronových sítí lze zařadit následující [20]:

- analýza a zpracování (klasifikace) jednosměrných signálů,
- predikce časových řad,
- zpracování obrazů,
- řízení,
- analýza dat a znalostní systémy,
- optimalizace
- aplikace v robotice.

3.5 Dílčí závěr

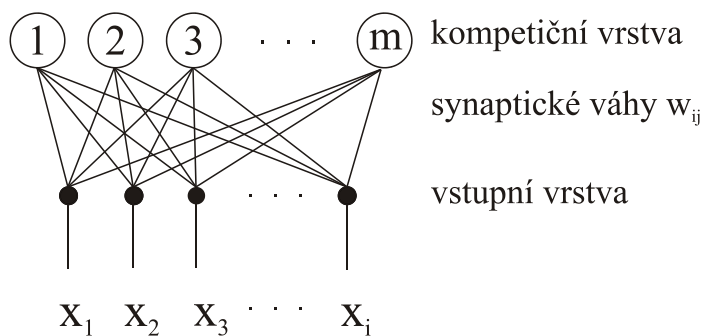
Tato kapitola je věnována problematice neuronových sítí. V úvodu kapitoly byly uvedeny definice neuronových sítí a struktura elementární jednotky – neuronu. Dále byly popsány topologie a struktury neuronových sítí. Poté byl popsán proces učení v neuronových sítích, rozdělený podle různých hledisek, blíže bylo pak specifikováno učení s učitelem a učení bez učitele. V závěru kapitoly byly popsány oblasti, kde je možno využít neuronové sítě.

4 Kohonenova samoorganizující se mapa

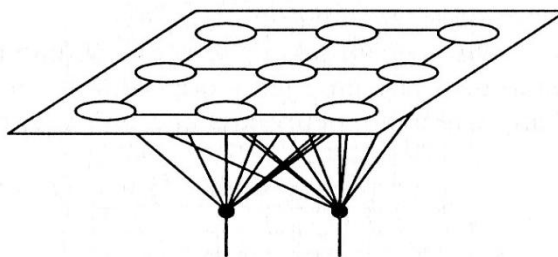
Kohonenova samoorganizující se mapa (Kohonenova síť, SOM, SOFM) je typem sítě, která nepotřebuje k učení učitele. Název této sítě pochází od jejího tvůrce T. Kohonena, který ji navrhnul v roce 1982, nicméně principy této sítě byly pospány už dříve von der Malsburgem nebo Willshawem. Jejich práce vycházely z poznatků týkající se chování lidského mozku. Kohonenova síť pracuje na základě shlukové analýzy, jejíž podstatou je hledání vzájemných závislostí a společných vlastností v předkládaných vzorech. [19]

4.1 Struktura Kohonenovy sítě

Kohonenova síť se skládá z jediné vrstvy neuronů, kterou označujeme jako Kohonenovu kompetiční vrstvu. Jelikož jsou všechny neurony plně spojeny se vstupy sítě, má každý neuron informaci od všech vstupů. Váhy, které přísluší každému neuronu (váhový vektor) lze chápat jako souřadnice udávající umístění neuronu v prostoru. V kompetiční vrstvě jsou uspořádány neurony do zvolené topologické mřížky, nejčastěji dvojrozměrné čtvercové nebo hexagonální a jsou charakterizovány postraními vazbami. Struktura Kohonenovy sítě je zobrazena na obrázku 7, obrázek 8 zobrazuje uspořádání neuronů do konkrétní topologické mřížky. Počet neuronů je parametrem sítě a je volitelný. V praxi se pohybuje řádově v desítkách až stovkách neuronů. [19]



Obrázek 7: Struktura Kohonenovy sítě. Zdroj: [19]



Obrázek 8: Kohonenova síť se dvěma vstupy a 9 neurony. Zdroj: [19]

4.2 Vybavování v Kohonenově síti

Základní matematickou operací při tomto procesu je hledání minimální vzdálenosti, nejčastěji eukleidovské. Při procesu vybavování jsou nejprve vypočítány vzdálenosti d_j mezi předloženým vzorem a vahami všech neuronů v kompetiční vrstvě podle vztahu [19]

$$d_j = \sum_{i=1}^n (x_i - w_{ij})^2, \quad (4.1)$$

kde index j prochází přes všechny neurony kompetiční vrstvy, kterých je m , x_i jsou elementy předloženého vzoru a w_{ij} značí váhy neuronů tj. synaptické váhy. Poté je vybrán vítězný neuron j^* (Best Matching Unit, BMU), jehož vzdálenost od předloženého vzoru je minimální [19] tj.

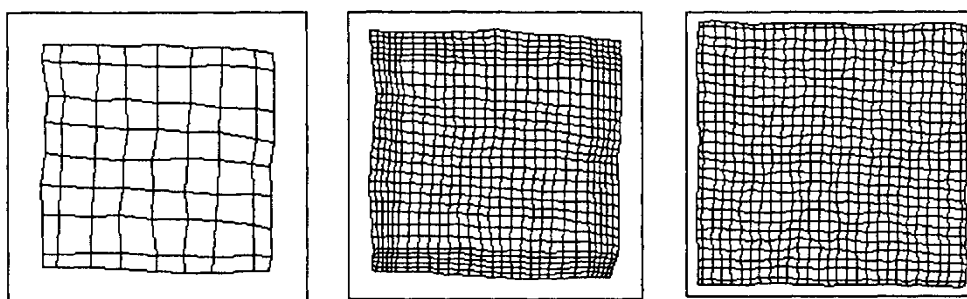
$$d_{j^*} = \min_j (d_j). \quad (4.2)$$

Výstup tohoto neuronu se stává aktivní, výstupy zbylých neuronů jsou neaktivní.

4.3 Učení v Kohonenově síti

Učící algoritmus Kohonenovy sítě provádí vektorovou kvantizaci, což znamená rozmístění neuronů v mřížce tak, aby jejich rozdělení aproximovalo pravděpodobnostní rozdělení trénovacích vzorů. Učení je založeno na porovnávání vstupních vzorů a vektorů uložených v každém neuronu. Vždy po nalezení neuronu, který je nejbližší předloženému trénovacímu vzoru, jsou upravovány váhy tohoto neuronu spolu se všemi vahami neuronů, které se nalézají v okolí vítězného neuronu.

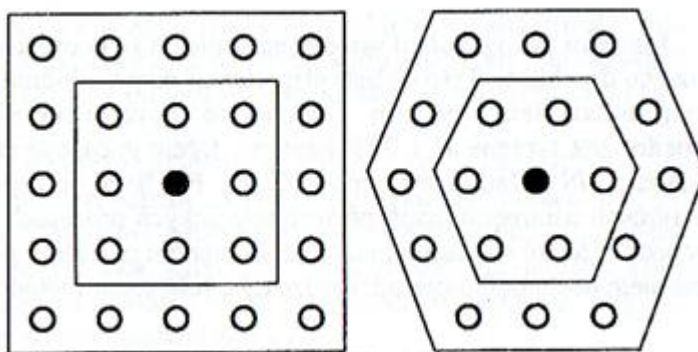
Na začátku učení jsou nastaveny hodnoty všech vah náhodně. S tím souvisí i rozložení neuronů v prostoru, které je také náhodné, a až v důsledku učení se rozmístění neuronů v mřížce přibližuje rozdělení trénovacích vzorů. Tento proces je znázorněn na obrázku 9.



Obrázek 9: Naučená mřížka, mřížka doplněná o nové neurony, výsledná mřížka. Zdroj: [19]

Na začátku učení jsou všechny váhy nastaveny náhodně, např. na hodnoty náhodně vybraných vzorů z trénovací množiny. Důležitým parametrem je parametr učení η , ležící v intervalu $(0,1)$. Tento parametr určuje velikost změn při adaptaci vah a na počátku učení je nastaven na hodnotu blízké jedné. V průběhu učení se pak monotónně snižuje k nule. Tím je dosaženo, že na začátku se váhy adaptují rychleji (fáze uspořádávání) a ke konci pomaleji (fáze doladování).

Každý neuron má definované své okolí, viz obrázek 10, ve kterém jsou prováděny změny vah, pokud je tento neuron vybrán jako vítězný při procesu kompetice. Velikost, tvar a míra vlivu tohoto okolí jsou parametrem sítě a mění se během učení. Velikost okolí má souvislost s topologickou vzdáleností neuronů v mřížce, ne však s jejich skutečnou vzdáleností v prostoru. [19]



Obrázek 10: Okolí vítězného neuronu u čtvercové a hexagonální mřížky. Zdroj: [22]

Během učení jsou postupně předkládány trénovací vzory v náhodném pořadí a pro každý tento vzor je nalezen odpovídající nejbližší neuron, stejně jako ve fázi vybavování. Váhy vítězného neuronu a neuronů v jeho okolí jsou přizpůsobovány podle vztahu [19]:

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \eta(t) h(v,t)((x_i(t) - w_{ij}(t)), \quad (4.3)$$

kde $i = 1, 2, \dots, n$ a $j = 1, 2, \dots, n$,

η (α) je parametr učení - definuje rychlost učení a velikost změn při adaptaci vah,

- w_{ij} jsou váhy neuronů,

- h je funkce okolí,

- x je vstupní vzor.

Po každé adaptaci je přizpůsobován parametr sítě. Celý proces učení trvá, dokud není vyčerpán stanovený počet trénovacích epoch. Specifičnost Kohonenových sítí při učení oproti jiným neuronovým sítím spočívá v tom, že je volen místo požadované chyby počet iterací, neboť pro Kohonenovu síť chybová funkce není definována. [19]

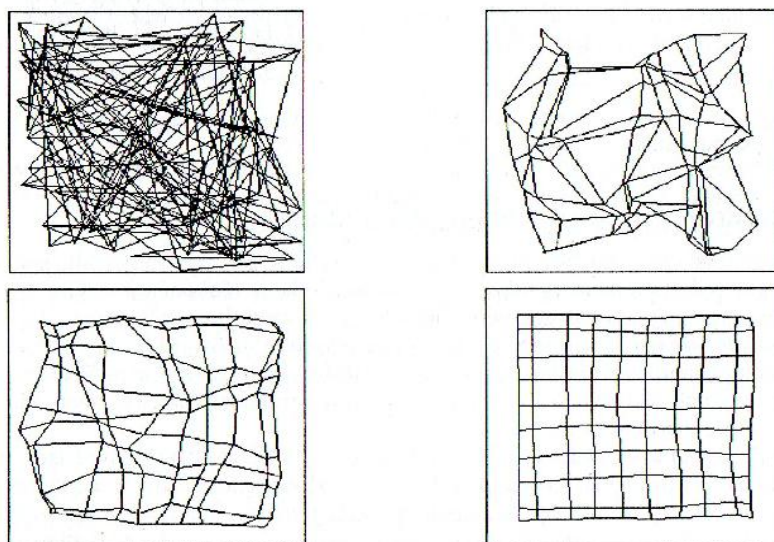
4.4 Kohonenův algoritmus

Výše popsáný proces učení je založen na soutěžním typu učení, jehož výsledkem je po předložení vzoru v každém kroku BMU. Nalezení vítězného neuronu (BMU) spočívá v určení minimální vzdálenosti (eukleidovské) mezi váhovým vektorem a aktuálně předloženým vstupem. Celý algoritmus, známý jako Kohonenův algoritmus, spočívá v následujících krocích [23]:

1. inicializace sítě,
2. předložení vstupního vektoru,
3. výpočet vzdálenosti,
4. výběr minimální vzdálenosti,
5. úprava vah,
6. přestup k bodu 2.

4.5 Chování Kohonenovy sítě

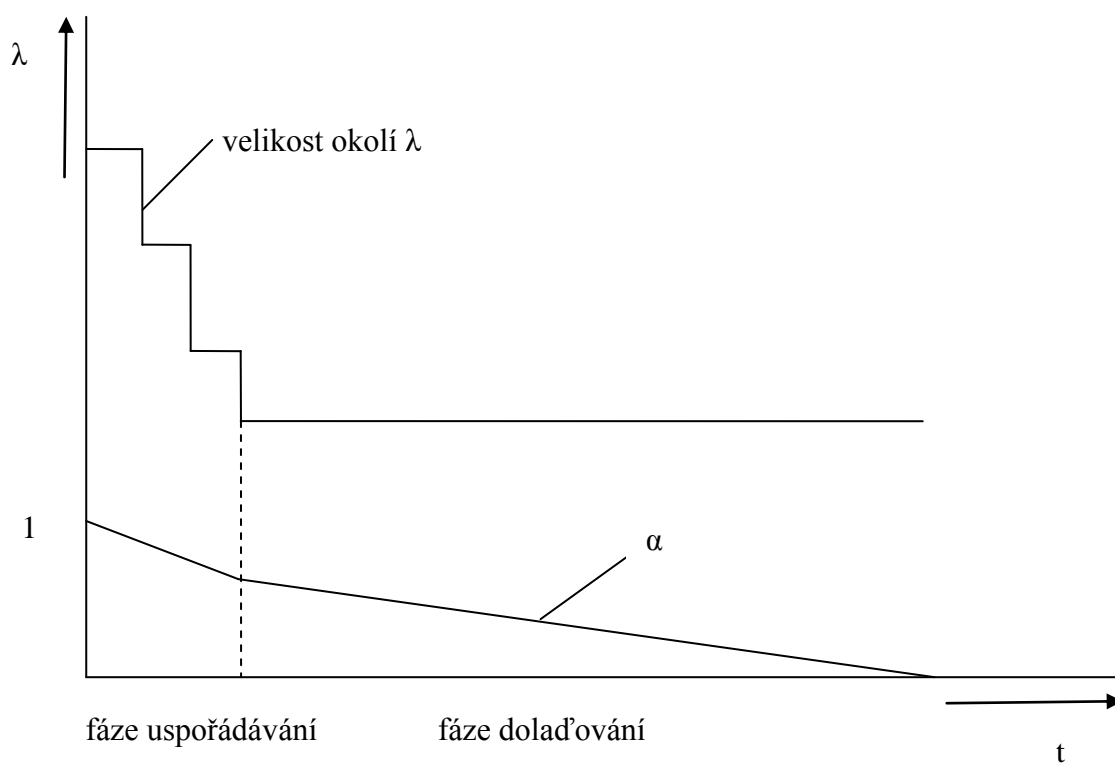
Pokud bychom uvažovali množinu trénovacích vzorů, které by byly náhodně a rovnoměrně vybrány ze čtvercové oblasti, mohli bychom reprezentovat jejich rozdělení. Příkladem může být zvolení sítě s 10×10 neurony, jejichž uspořádání je do čtvercové mřížky. Neurony jsou reprezentovány průsečíky mřížky. Výběr vah z trénovací množiny na začátku učení byl náhodný, proto je i počáteční rozmístění neuronů v prostoru vzhledem topologické mřížce náhodné. Obrázek 11 znázorňuje počáteční stav mřížky, adaptaci a výsledný stav po 50 000 trénovacích krocích.



Obrázek 11: Počáteční stav, postupná adaptace, výsledný stav mřížky. Zdroj: [19]

4.6 Volba parametrů učení

Proces učení se skládá ze dvou fází. První z nich se nazývá fáze uspořádávání a během této fáze klesá velikost okolí diskrétně s časem. Druhá fáze je označována jako fáze doladování. V této fázi je možné ponechat nejblíže sousedy součástí okolí do té doby, dokud neskončí učení. Na obrázku 12 je znázorněn způsob, jak vhodně měnit velikost okolí λ a parametr učení α (η).



Obrázek 12: Adaptace parametru velikosti okolí λ a parametru učení α . Zdroj: [24]

Pokles funkce parametru učení není v praxi až tak podstatný. Důležitější je, aby tato funkce byla monotónně klesající funkcí z nějaké hodnoty blízké 1 s malými hodnotami řádově 0.1 – 0,01 v průběhu fáze doladování. Velmi často se využívá lineárně lomená funkce, viz obrázek 12.

Počet iterací při učení sítě závisí na volbě uživatele, nicméně podle Kohonena by počet iterací měl být minimálně 500 krát větší, než počet neuronu v síti. Podstatné je, aby během fáze uspořádávání stihla Kohonenova síť správně seřadit svoje váhové vektory, v této fázi je parametr učení relativně velký. V další fázi se tyto vektory lokálně upravují. Obecně by měl být proces učení rozdělen tím způsobem, že na fázi doladování je ponecháno více času, než na fázi uspořádávání. [24]

4.7 Dílčí závěr

V kapitole je popsán vznik, struktura, proces vybavování a učení v Kohonenově samoorganizující se mapě. Stručně je popsán Kohonenův algoritmus. Na teoretickém příkladu je ukázáno chování mapy (mřížky) v průběhu učení. Pozornost je i věnována volbě parametru učení η (α) a parametru velikosti okolí λ . Jelikož Kohonenova síť je druh neuronové sítě, který při učení nevyužívá učitele, je vhodným typem pro klasifikační úlohy.

5 Návrh modelu udržitelného rozvoje obcí Pardubického kraje

V této kapitole jsou navrženy klasifikační modely udržitelného rozvoje obcí Pardubického kraje. Pro každou oblast tzn. ekonomickou, environmentální a sociální bude vytvořen samostatný model a poté bude vytvořen celkový model udržitelného rozvoje, který klasifikuje obce Pardubického kraje do tříd. Po návrhu je potřeba dané modely verifikovat, k tomu poslouží programový prostředek MATLAB 7.

Postup modelování udržitelného rozvoje obcí se skládá z následujících kroků. První z nich je návrh parametrů. Druhý krok spočívá v předzpracování dat. Jedná se o standardizaci dat, čímž je odstraněna závislost na jednotkách a znaky se po této úpravě stávají souměřitelné a korelační analýzu, pomocí které jsou odstraněny parametry vykazující závislost s ostatními parametry. Podrobněji jsou tyto kroky vysvětleny v kapitole 2. Další fází je návrh modelu udržitelného rozvoje obcí pomocí Kohonenovy samoorganizující se mapy (SOM) popsané v kapitole 4. Tento druh neuronové sítě umí odhalit závislosti a strukturu v datech. Při realizaci SOM budou nastavovány parametry s cílem vytvoření oddělených shluků. K vytvoření shluků bude využit algoritmus k-průměrů (k-means), díky kterému je každý objekt přiřazen do jednoho shluku [15]. Shluky budou na závěr analyzovány a budou jim přiřazeny třídy na základě hodnocení konkrétního pilíře udržitelného rozvoje.

Metoda k-průměrů patří do nehierarchických metod shlukové analýzy. Algoritmus k-průměrů hledá pro množinu dat $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ vektory μ_1, \dots, μ_k ($k < n$), takové, že je minimalizována střední kvadratická odchylka množiny X od vektoru μ_1, \dots, μ_k . Algoritmus tedy hledá takové vektory, ke kterým je euklidovská vzdálenost všech dat co nejmenší. Jeho vstupem je množina dat $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ a číslo k udávající počet vektoru μ_j . Na začátku jsou na náhodně zvolenou hodnotu inicializovány vektory μ_j , $j = 1, 2, \dots, k$. Po inicializaci vektorů jsou na základě iteračního procesu opakovány následující kroky. [25]

1. Klasifikace dat: všechna data x_i , $i = 1, 2, \dots, n$ se klasifikují do tříd určených vektory μ_j , $j = 1, \dots, k$ podle minima euklidovské vzdálenosti podle vztahu [25]:

$$y_i = \operatorname{argmin}_{j=1,\dots,k} \|x_i - \mu_j\|. \quad (5.1)$$

2. Učení: jsou vypočteny nové hodnoty vektoru μ_j , jako střední hodnoty dat x_i , které byly klasifikovány do třídy určené příslušným vektorem μ_j . Nová hodnota μ_j se vypočítá podle vztahu [25]:

$$\mu_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i \in \{i: y_i = j\}} x_i, \quad (5.2)$$

kde n_j je počet vzoru x_i klasifikovaných v prvním kroku do třídy určené vektorem μ_j .

Kroky 1 a 2 se stále opakují, dokud se alespoň jeden vektor x_i klasifikuje do jiné třídy, než byl klasifikován v předcházejícím kroku. [25]

Použití algoritmu k-means skrývá určité nedostatky jako je např. vliv odlehlých objektů. Výhodou SOM je, že tyto nedostatky je schopna odstranit a výsledky snadno vizualizovat. Proto není potřeba zkoumat odlehlé objekty. Proces shlukování lze rozdělit na dvě části. V první z nich jsou objekty redukovány pomocí SOM do reprezentantů, v druhé jsou pak tyto reprezentanti shlukováni do c shluků. Pokud je použita SOM s následným využitím algoritmu k-means je dosaženo snížení výpočetní náročnosti (VN) cca o polovinu oproti použití pouze samotného algoritmu k-means. Výpočetní náročnost se u algoritmu k-means odhaduje na základě vztahů [15]:

$$VN = \sum_{c=2}^{c_{max}} nc \quad (5.3)$$

Tento vztah platí při použití SOM v kombinaci s algoritmem k-means.

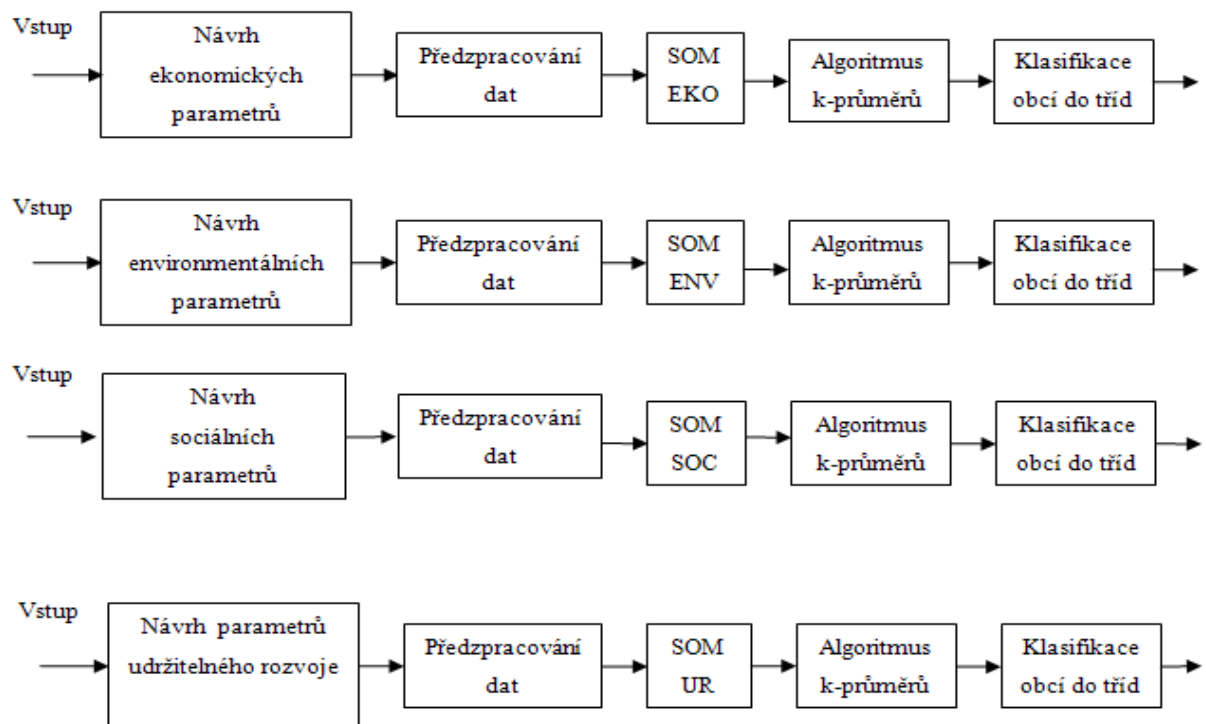
$$VN = nm + \sum_{c=2}^{c_{max}} mc, \quad (5.4)$$

kde: n je počet objektů,

- c je počet shluků, $c = 2, 3, \dots, c_{max}$,

- m je počet reprezentantů (počet neuronů v kompetiční vrstvě).

V závěru jsou jednotlivé shluky analyzovány a jsou jim přiřazeny třídy. Návrh modelů je zobrazen na obrázku 13. Budou modelovány jak jednotlivé oblasti udržitelného rozvoje (ekonomická - EKO, environmentální - ENV, sociální - SOC), tak celkový udržitelný rozvoj UR obcí. Pomocí SOM bude analyzována a vizualizovaná struktura dat. Pomocí algoritmu k-průměrů budou objekty (obce) klasifikovány do shluků. Počet shluků bude volen na základě indexu kvality shlukování. Shluky budou analyzovány a označeny třídami podle úrovně udržitelného rozvoje.



Obrázek 13: Návrh modelu udržitelného rozvoje obcí Pardubického kraje. Zdroj: [vlastní]

5.1 Návrh Kohonenovy samoorganizující se mapy

Vlastností SOM je, že při modelování zachovává topologickou strukturu dat. V mřížce jsou objekty obklopeny podobnými objekty, ale podobné objekty nejsou vždy vedle sebe. Někdy je shluk podobných objektů rozdělen, proto je třeba k dosažení dobrých výsledků upravovat parametry učení SOM. Pokud je SOM naučena, lze na ni aplikovat algoritmus k-průměrů. Proces shlukování, jak bylo popsáno výše, lze rozdělit na dvě části.

V první části, pro učení SOM, je potřeba zvolit typ inicializace, počet neuronů v kompetiční vrstvě a algoritmus učení s parametry učení. Kvalitu výsledků SOM lze měřit pomocí kvantizační a topografické chyby. Kvantizační chyba (Quantization Error, QE) je vypočtena jako eukleidovská vzdálenost testovaného vstupního vektoru \mathbf{x} a reprezentanta \mathbf{r}_{j^*} jeho BMU. Topografická chyba (Topographic Error, TE) je dána podílem všech vstupních vektorů, pro které první a druhý BMU na mapě nesousedí. Topografická chyba měří míru zachování topologie. K učení je možné využít sekvenční nebo dávkový algoritmus. Sekvenční algoritmus spočívá v tom, že je v každém kroku trénování použit pouze jeden trénovací vektor. U dávkového algoritmu jsou v každém trénovacím kroku použity všechny trénovací vektory. Učení u obou algoritmů probíhá ve dvou fázích. Ve fázi uspořádání má poloměr okolí $\lambda(t)$ vysokou hodnotu (u sekvenčního algoritmu má i rychlost učení η vysokou hodnotu).

Ve fázi ladění má poloměr okolí $\lambda(t)$ nízkou hodnotu (u sekvenčního algoritmu má i rychlost učení η nízkou hodnotu).

Ve druhé části je naučená SOM shlukována algoritmem k-průměrů. Při shlukování SOM je potřeba stanovit počet shluků předem. Volba počtu shluků se odvíjí do cílů analýzy, nebo zkušenostech uživatele. K výběru počtu shluků se velmi často používají indexy hodnotící kvalitu shlukování např. Dunn-ův index (DI), Alternativní Dunn-ův index (ADI) nebo Davies-Bouldin-ův index (DB). Tyto indexy jsou vhodné pro určení počtu shluků při algoritmu k-průměrů. Algoritmus poskytuje jediné řešení, pro zadaný počet shluků c . K určení počtu shluků c bude sloužit DB index. Shlukování lze označit za kvalitní tehdy, nabývá-li DB nízkých hodnot při upřednostnění co nejnižšího počtu shluků c . Vztah pro výpočet DB indexu je následující [24]:

$$DB(c) = \frac{1}{c} \sum_{i=1}^c \max_{i \neq j} \left\{ \frac{\Delta(X_i) + \Delta(X_j)}{\delta(X_i, X_j)} \right\}, \quad (5.5)$$

kde c je počet shluků, $\Delta(X_i)$ a $\Delta(X_j)$ jsou vzdálenosti uvnitř shluků X_i a X_j , $\delta(X_i, X_j)$ je vzdálenost mezi shluky X_i , X_j .

5.2 Modelování udržitelného rozvoje pomocí SOM

Pro verifikaci modelů bude sloužit softwarový prostředek MATLAB za pomoci SOM toolboxu. Pro učící algoritmus je potřeba navrhnout hodnoty parametrů, které budou pro danou strukturu nejvhodnější. Kvalita jednotlivých modelů SOM se pak bude hodnotit na základě QE a TE.

V SOM toolboxu je implementován náhodný i lineární typ inicializace mapy. Pokud je zvolena lineární inicializace, jsou vybírány jednotlivé body z d -rozměrného prostoru trénovacích dat. Osy výběru jsou vlastní vektory, které odpovídají největšímu vlastnímu číslu z množiny trénovacích dat. Při náhodné inicializaci jsou hodnoty náhodně vybírány z m -rozměrného prostoru definovaného minimální a maximální hodnotou proměnných. [24]

U všech modelů bude nastavena lineární inicializace, která dává podle výzkumů stejné a v některých případech i lepší výsledky oproti inicializaci náhodné. Mřížka sítě bude obdélníkového tvaru 12×9 neuronů tzn., že kompetiční vrstva bude obsahovat 108 neuronů. Ve fázi uspořádávání bude počáteční poloměr okolí λ u sekvenčního i dávkového algoritmu nastaven na hodnotu = 3 a konečný poloměr okolí λ na hodnotu = 1, ve fázi doladování bude počáteční poloměr okolí λ nastaven na hodnotu = 2 a konečný poloměr okolí λ na hodnotu = 1. Doba učení podle poznatků z kapitoly 4 bude nastavena u obou algoritmů tak, že na fázi

dolaďování se ponechá více času, než na fázi uspořáďování. U sekvenčního algoritmu bude ve fázi uspořáďování nastavena hodnota na 20 epoch, ve fázi dolaďování na 100 epoch. U dávkového algoritmu bude ve fázi uspořáďování nastavena hodnota doby učení z intervalu $\langle 5,20 \rangle$, ve fázi dolaďování pak bude počet epoch nastaven z intervalu $\langle 80,140 \rangle$. Parametr rychlost učení η (α), (sekvenční algoritmus) bude ve fázi uspořáďování nastaven na hodnoty z intervalu $\langle 0.2,0.5 \rangle$, ve fázi dolaďování na hodnoty z intervalu $\langle 0.05,0.1 \rangle$. Pro lepší přehlednost jsou hodnoty parametrů sekvenčního i dávkového algoritmu rozděleny následovně:

Parametry pro sekvenční algoritmus ve fázi uspořáďování budou nastaveny na tyto hodnoty:

- počáteční poloměr okolí $\lambda(t) = 3$,
- konečný poloměr okolí $\lambda(t) = 1$,
- doba učení (v epochách) = 20,
- rychlost učení η v intervalu $\langle 0.2,0.5 \rangle$.

Ve fázi dolaďování budou nastaveny parametry na tyto hodnoty:

- počáteční poloměr okolí $\lambda(t) = 2$,
- konečný poloměr okolí $\lambda(t) = 1$,
- doba učení (v epochách) = 100,
- rychlost učení $\eta = \langle 0.05,0.1 \rangle$.

Parametry pro dávkový algoritmus ve fázi uspořáďování budou nastaveny na tyto hodnoty:

- počáteční poloměr okolí $\lambda(t) = 3$,
- konečný poloměr okolí $\lambda(t) = 1$,
- doba učení (v epochách) = $\langle 5,20 \rangle$.

Ve fázi dolaďování budou nastaveny parametry na tyto hodnoty:

- počáteční poloměr okolí $\lambda(t) = 2$,
- konečný poloměr okolí $\lambda(t) = 1$,
- doba učení (v epochách) = $\langle 80,140 \rangle$.

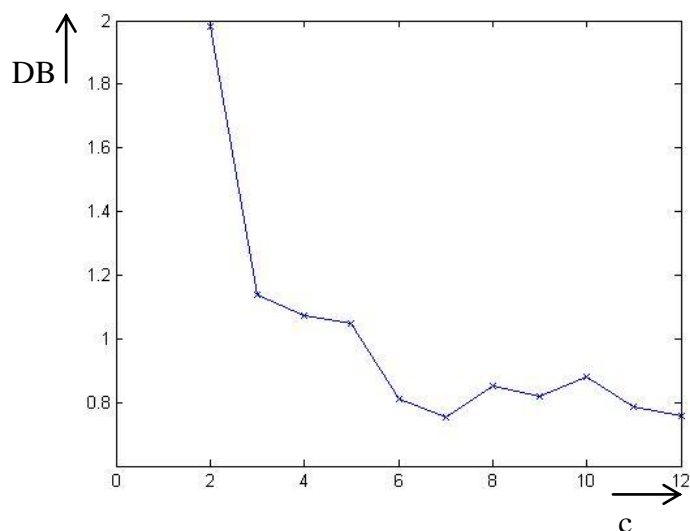
5.2.1 Modelování ekonomické oblasti udržitelného rozvoje pomocí SOM

Pro modelování ekonomické oblasti udržitelného rozvoje bylo vybráno 10 parametrů, viz kapitola 2. Porovnáním modelů se sekvenčním a dávkovým algoritmem byl vybrán sekvenční model s nejnižší hodnotou $TE = 0.0155$. Nízká hodnota TE značí, že mapa zachovává topologii původních dat. Objekty, které jsou si podobné v původních datech, se nacházejí blízko i ve vytvořené SOM. To potvrzuje i nízká hodnota QE . Výsledný model s jeho nastavenými parametry pro ekonomickou oblast je v tabulce 8. Z hodnot DB indexu pak vyplývá, že shlukování pomocí k -průměrů je vhodné do 7 shluků, viz obrázek 14. Všechny experimenty sekvenčního i dávkového algoritmu pro ekonomickou oblast jsou uvedeny v Příloze 1.

Tabulka 8: Parametry učení modelu pro ekonomickou oblast. Zdroj: [vlastní]

Inicializace	Lineární
Algoritmus učení	Sekvenční
Počet neuronů v kompetiční vrstvě	108
Fáze učení	
fáze uspořádání	
počáteční poloměr okolí $\lambda(t)$	3
konečný poloměr okolí $\lambda(t)$	1
doba učení (v epochách)	20
rychlost učení η	0.4
fáze doladování	
počáteční poloměr okolí $\lambda(t)$	2
konečný poloměr okolí $\lambda(t)$	1
doba učení (v epochách)	100
rychlost učení η	0.1
Kvalita učení SOM	
Kvantizační chyba - QE	1.6294
Topografická chyba - TE	0.0155

Počet neuronů v kompetiční vrstvě je pro všechny modely SOM stejný a je zvolen na základě heuristiky $5 \cdot \sqrt{n}$ [15]. Takto je dosaženo takové velikosti SOM, že SOM zachovává strukturu dat i při počtu neuronů $m < n$, tj. počet reprezentantů (BMUs) je menší, než počet původních objektů. Ostatní parametry učení souměřeny s cílem dosažení minimální TE .



Obrázek 14: Davies-Bouldin-ův index – ekonomická oblast. Zdroj: [vlastní]

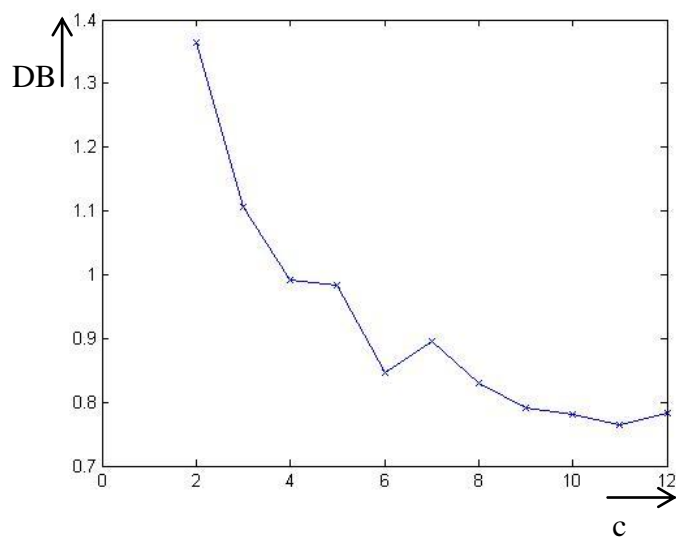
Počet shluků je vybírán tak, že je cílem minimalizace DB indexu, tj. dosažení vysoké kvality shlukování. Zároveň je sledován vývoj tohoto indexu, protože lze předpokládat, že s vyšším počtem shluků se bude kvalita shlukování měřená DB indexem zvyšovat. Je tedy volen ten počet shluků c , při němž dochází ke skokovému snížení DB indexu, a po němž už nedochází k významnému snížení DB indexu.

5.2.2 Modelování environmentální oblasti udržitelného rozvoje pomocí SOM

Pro modelování environmentální oblasti udržitelného rozvoje bylo vybráno 11 parametrů. Porovnáním modelů se sekvenčním a dávkovým algoritmem byl vybrán sekvenční model s nejnižší hodnotou $TE = 0.0022$. Mapa zachovává topologii původních dat. Ze všech oblastí je dosaženo nejnižších hodnot TE i QE . Výsledný model s jeho nastavenými parametry pro environmentální oblast je v tabulce 9. Z hodnot DB indexu pak vyplývá, že shlukování pomocí k -průměrů je vhodné do 6 shluků, viz obrázek 15. Všechny experimenty sekvenčního i dávkového algoritmu pro environmentální oblast jsou uvedeny v Příloze 2.

Tabulka 9: Parametry učení modelu pro environmentální oblast. Zdroj: [vlastní]

Inicializace	Lineární
Algoritmus učení	Sekvenční
Počet neuronů v kompetiční vrstvě	108
Fáze učení	
fáze uspořádání	
počáteční poloměr okolí $\lambda(t)$	3
konečný poloměr okolí $\lambda(t)$	1
doba učení (v epochách)	20
rychlost učení η	0.5
fáze doladování	
počáteční poloměr okolí $\lambda(t)$	2
konečný poloměr okolí $\lambda(t)$	1
doba učení (v epochách)	100
rychlost učení η	0.05
Kvalita učení SOM	
Kvantizační chyba - QE	1.5688
Topografická chyba - TE	0.0022



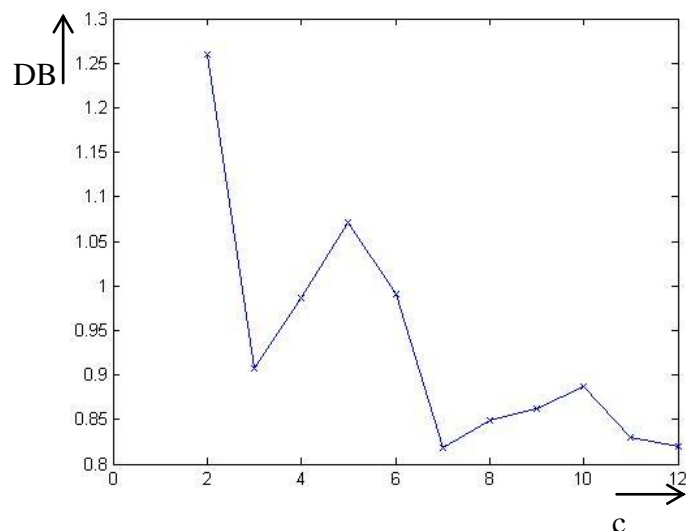
Obrázek 15: Davies-Bouldin-ův index – environmentální oblast. Zdroj: [vlastní]

5.2.3 Modelování sociální oblasti udržitelného rozvoje pomocí SOM

Pro modelování sociální oblasti udržitelného rozvoje bylo vybráno 18 parametrů. Porovnáním modelů se sekvenčním a dávkovým algoritmem byl vybrán model s nejnižší hodnotou $TE = 0.0089$. Přestože mapa zachovává topologii dat, je dosaženo vyšší hodnoty QE, tj. vzdálenost původních dat od jejich BMUs je vyšší, než je tomu u ostatních oblastí udržitelného rozvoje. Tento rozdíl je dán vyšším počtem vstupních parametrů. Výsledný model s jeho nastavenými parametry pro sociální oblast je v tabulce 10. Z hodnot DB indexu pak vyplývá, že shlukování pomocí k-průměrů je vhodné do 7 shluků, viz obrázek 16. Všechny experimenty sekvenčního i dávkového algoritmu pro sociální oblast jsou uvedeny v Příloze 3.

Tabulka 10: Parametry učení modelu pro sociální oblast. Zdroj: [vlastní]

Inicializace	Lineární
Algoritmus učení	Sekvenční
Počet neuronů v kompetiční vrstvě	108
Fáze učení	
fáze uspořádání	
počáteční poloměr okolí $\lambda(t)$	3
konečný poloměr okolí $\lambda(t)$	1
doba učení (v epochách)	20
rychlost učení η	0.4
fáze doladování	
počáteční poloměr okolí $\lambda(t)$	2
konečný poloměr okolí $\lambda(t)$	1
doba učení (v epochách)	100
rychlost učení η	0.05
Kvalita učení SOM	
Kvantizační chyba - QE	2.6114
Topografická chyba - TE	0.0089



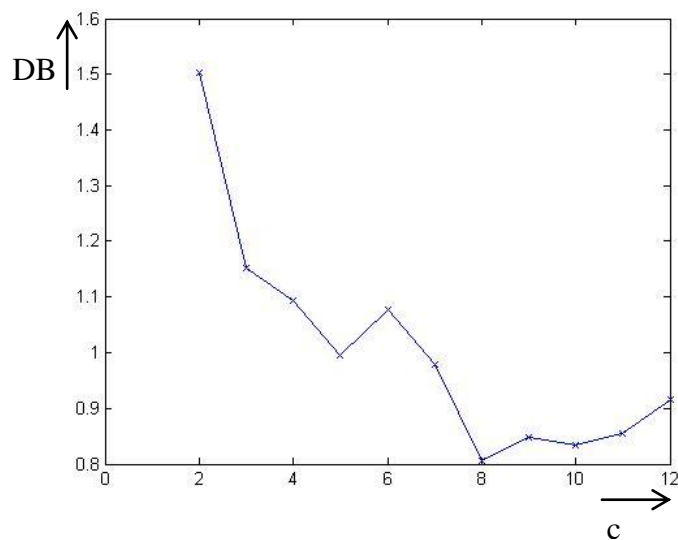
Obrázek 16: Davies-Bouldin-ův index – sociální oblast. Zdroj: [vlastní]

5.2.4 Modelování celkového udržitelného rozvoje pomocí SOM

Pro modelování celkového udržitelného rozvoje bylo vybráno 39 parametrů. Porovnáním modelů se sekvenčním a dávkovým algoritmem byl vybrán model s nejnižší hodnotou $TE = 0.0044$. Model SOM celkového udržitelného rozvoje obcí zachovává topologii původních dat. Vzhledem k vysokému počtu parametrů udržitelného rozvoje je však třeba počítat s vyšší hodnotou QE . Neurony v SOM jsou více vzdáleny původním objektům, struktura dat je však zachována. Výsledný model s jeho natavenými parametry pro celkový udržitelný rozvoj je v tabulce 11. Z hodnot DB indexu pak vyplývá, že shlukování pomocí k -průměrů je vhodné do 8 shluků, viz obrázek 17. Všechny experimenty sekvenčního i dávkového algoritmu pro celkový udržitelný rozvoj jsou uvedeny v Příloze 4.

Tabulka 11: Parametry učení modelu celkového udržitelného rozvoje. Zdroj: [vlastní]

Inicializace	Lineární
Algoritmus učení	Sekvenční
Počet neuronů v kompetiční vrstvě	108
Fáze učení	
fáze uspořádání	
počáteční poloměr okolí $\lambda(t)$	3
konečný poloměr okolí $\lambda(t)$	1
doba učení (v epochách)	20
rychlost učení η	0.3
fáze doladování	
počáteční poloměr okolí $\lambda(t)$	2
konečný poloměr okolí $\lambda(t)$	1
doba učení (v epochách)	100
rychlost učení η	0.1
Kvalita učení SOM	
Kvantizační chyba - QE	4.4152
Topografická chyba - TE	0.0044



Obrázek 17: Davies-Bouldin-ův index – celkový udržitelný rozvoj. Zdroj: [vlastní]

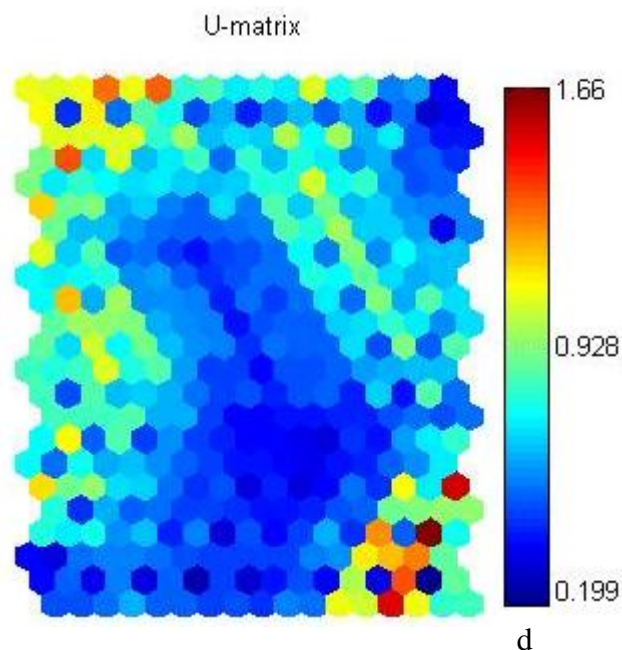
5.3 Dílčí závěr

V této kapitole byl popsán celkový postup při návrhu udržitelného rozvoje obcí. Byl uveden návrh SOM včetně parametrů učení pro dávkový a sekvenční algoritmus učení. Poté byly vybrány nejlepší modely (s nejnižší TE) pro jednotlivé oblasti, resp. celkový udržitelný rozvoj s uvedením DB indexu, který byl podkladem pro stanovení počtu shluků pomocí k-průměrů. Ve všech oblastech i celkovém udržitelném rozvoji byly hodnoty TE u obou algoritmusů srovnatelné, v některých případech dosahovaly lepších výsledků modely se sekvenčním algoritmem.

6 Analýza výsledků

6.1 Analýza výsledků pro ekonomickou oblast udržitelného rozvoje

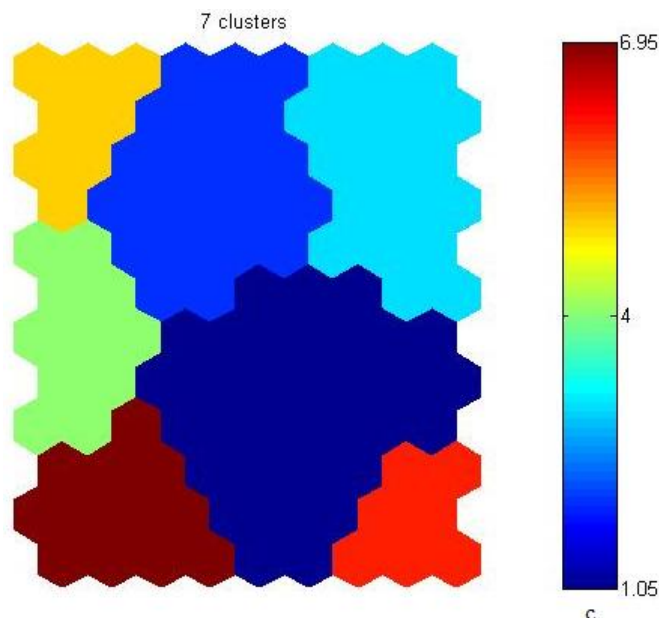
Analýza výsledků je prováděna pomocí vizualizace SOM v prostředí SOM toolboxu v MATLAB 7. Jedna z možností jak nahlížet na natrénovanou SOM je tzv. matice vzdáleností. Jestliže je matice vzdáleností zobrazena v 2-rozměrném prostoru, nazývá se U-matice (U-matrix) a ukazuje, jaké čtvercové euklidovské vzdálenosti d jsou mezi reprezentanty. U-matice pro ekonomickou oblast je zobrazena na obrázku 18.



Obrázek 18: U-matice – ekonomická oblast. Zdroj: [vlastní]

V matici je díky barevnému odlišení možno pozorovat oblasti s různou vzdáleností mezi reprezentanty. Oblasti vlevo nahoře a vpravo dole se vyznačují velkou vzdáleností mezi reprezentanty, z čehož se dá usuzovat, že reprezentanti, budou rozděleny do menších shluků na okrajích mapy. Oblasti vlevo nahoře, uprostřed a vlevo dole se vyznačují malou vzdáleností mezi reprezentanty. Z tohoto zjištění se dá naopak vyvodit, že reprezentanti v těchto oblastech budou patřit do jednoho velkého shluku nebo budou rozděleny do více větších shluků.

Jak bylo napsáno v kapitole 5., po naučení SOM jsou reprezentanti shlukování algoritmem k-průměrů. Z obrázku 19 vyplývá příslušnost reprezentantů SOM v ekonomické oblasti do 7 shluků.










Obrázek 19: Shlukování algoritmem k-průměrů – ekonomická oblast. Zdroj: [vlastní]

Shluky na obrázku 19 odpovídají vzdálenostem v U-matici (obrázek 18). Nejvíce vzdáleny od ostatních obcí jsou obce ve slucích c_5 a c_6 tzn. v levém horním a pravém dolním rohu mapy.

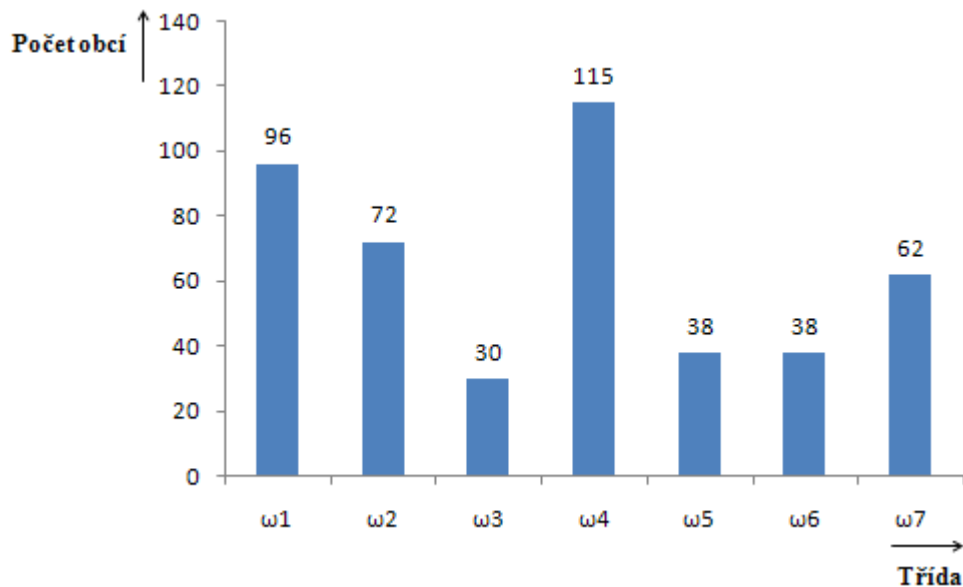
Shluky lze interpretovat na základě hodnot ekonomických parametrů P_1, P_2, \dots, P_{10} pro reprezentanty SOM, které jsou uvedeny v Příloze 5. Při interpretaci shluků se vychází z hodnot jednotlivých parametrů, kterých reprezentanti SOM dosáhli. Popis shluků viz tabulka 12, vychází částečně ze subjektivního hlediska, ale i na základě konzultací s odborníky na danou problematiku. Charakteristika shluků vychází z postupného porovnávání oblastí jednotlivých parametrů s celkovým rozložením shluků.

Tabulka 12: Vyhodnocení ekonomických parametrů udržitelného rozvoje. Zdroj: [vlastní]

Shluk	Ekonomické parametry	Třída ω_j
1 	Obce s průměrnou koncentrací ekonomiky, s nízkou průměrnou mzdou / průměr kraje, s nízkou zadlužeností, s nízkým podílem kapitálových výdajů.	4
2 	Obce s podprůměrnou koncentrací ekonomiky, se střední průměrnou mzdou / průměr kraje, s nízkou zadlužeností, s vysokým podílem opakujících se příjmů a běžných výdajů.	2
3 	Obce s nízkou koncentrací ekonomiky, s vysokou průměrnou mzdou / průměr kraje, s nízkou zadlužeností, s vysokým počtem podnikatelských subjektů/ tis. obyvatel.	1
4 	Obce s průměrnou koncentrací ekonomiky, s nízkou průměrnou mzdou / průměr kraje, s průměrnou zadlužeností, s nízkým podílem vlastních příjmů.	6
5 	Obce s nízkou koncentrací ekonomiky, s nízkou průměrnou mzdou / průměr kraje, s vysokou zadlužeností, s vysokým podílem vlastních příjmů.	5
6 	Obce s nízkou koncentrací ekonomiky, s nízkou průměrnou mzdou / průměr kraje, s nízkou zadlužeností, s vysokými přijatými dotacemi na obyvatele.	3
7 	Obce s vysokou koncentrací ekonomiky, s nízkou průměrnou mzdou / průměr kraje, s nízkým podílem vlastních příjmů, s nízkým podílem kapitálových výdajů.	7

Třídy, které jsou na základě charakteristiky shluků těmto shlukům přiřazeny, jsou seřazeny od 1-7, kde třída ω_1 reprezentuje obce, které mají nejvyšší ekonomickou úroveň. Vyznačují se vysokou ekonomickou aktivitou a dobrým rozpočtovým hospodařením. Naopak obce označené třídou ω_7 nejsou schopny ekonomického rozvoje, jsou většinou závislé na jednom ekonomickém odvětví.

Shluky v ekonomické oblasti jsou zařazeny do tříd, viz tabulka 12. Četnosti jednotlivých tříd v ekonomické oblasti, kde ω_1 reprezentuje třídu obcí s nejlépe vyhodnoceným udržitelným rozvojem v ekonomické oblasti, a ω_7 nejhorší třídu, jsou uvedeny na obrázku 20.

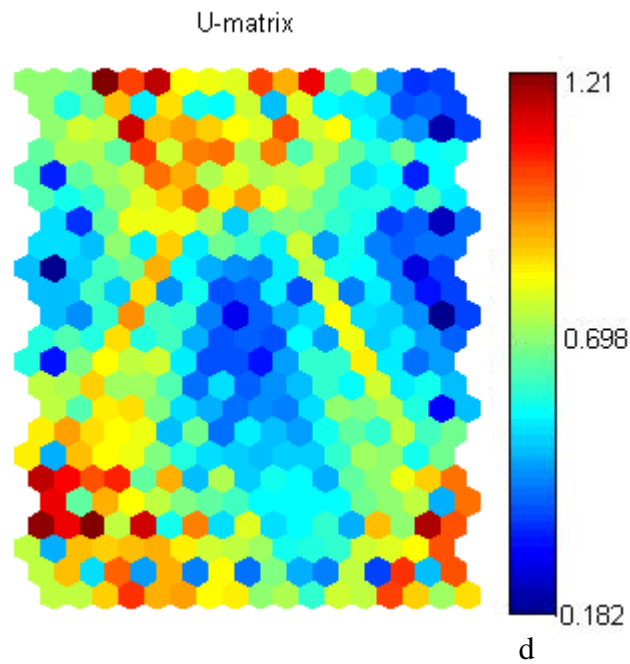


Obrázek 20: Klasifikace obcí do tříd – ekonomická oblast. Zdroj: [vlastní]

Nejvíce obcí (115) je zařazeno do průměrné třídy ω_4 , vysoký počet obcí se nachází také v třídách ω_1 a ω_2 , které reprezentují vynikající ekonomickou úroveň.

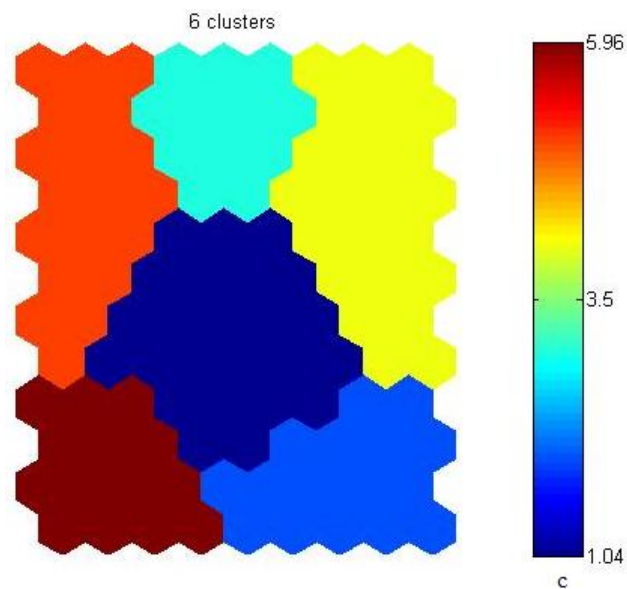
6.2 Analýza výsledků pro environmentální oblast udržitelného rozvoje

U-matice pro environmentální oblast je zobrazena na obrázku 21. V matici je možno pozorovat oblasti, které se vyznačují velkou vzdáleností mezi reprezentanty. Jedná se o oblast uprostřed nahoře, vlevo dole a vpravo dole. Z toho se dá usuzovat, že reprezentanti, budou rozděleny do menších shluků na okrajích mapy. Naopak oblasti, kde je možno pozorovat reprezentanty s malou vzdáleností mezi sebou se nalézají uprostřed mapy, vpravo nahoře a uprostřed vpravo. Z tohoto zjištění se dá naopak vyvodit, že reprezentanti v těchto oblastech budou patřit do jednoho velkého shluku nebo budou rozděleny do více větších shluků.



Obrázek 21: U-matice – environmentální oblast. Zdroj: [vlastní]

Z obrázku 22 vyplývá příslušnost reprezentantů SOM v environmentální oblasti do 6 shluků.









Obrázek 22: Shlukování algoritmem k-průměrů – environmentální oblast. Zdroj: [vlastní]

Je zřejmé, že obě mapy spolu souvisejí. Shluk c_1 uprostřed mapy reprezentuje podobné obce, stejně tak jako shluky c_4 a c_5 , které jsou také dobře odděleny od ostatních oblastí. Shluky c_2 , c_3 a c_6 jsou reprezentovány vzdálenějšími obcemi.

Shluky lze interpretovat na základě hodnot environmentálních parametrů P11, P12, ... , P21 pro reprezentanty SOM, které jsou uvedeny v Příloze 6. Při interpretaci shluků se vychází z hodnot jednotlivých parametrů, kterých reprezentanti SOM dosáhli. Popis shluků je uveden v tabulce 13.

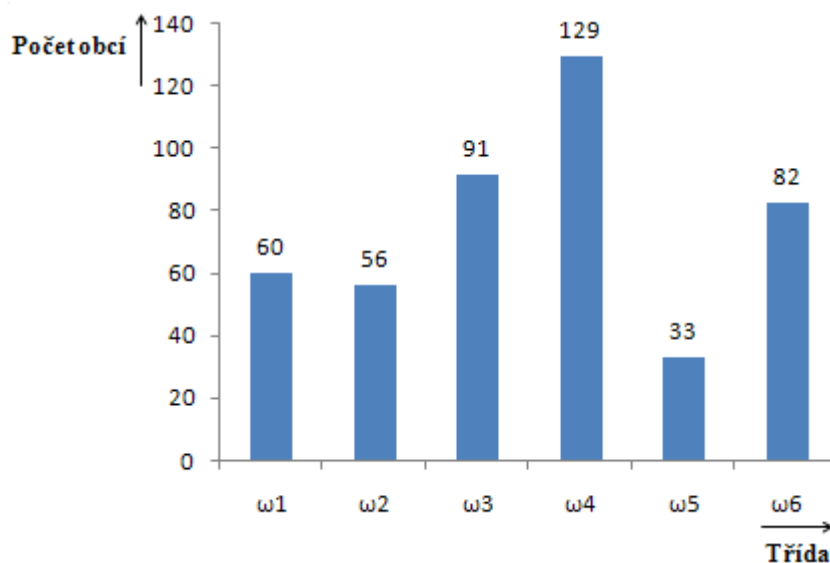
Tabulka 13: Vyhodnocení environmentálních parametrů udržitelného rozvoje. Zdroj: [vlastní]

Shluk	Environmentální parametry	Třída ω_j
1 	Obce s vysokým podílem orné půdy ze zemědělské půdy, s nízkým podílem vodních ploch z celkové výměry, s průměrným podílem zemědělské půdy na počtu obyvatel.	6
2 	Obce s nízkým podílem vodních ploch z celkové výměry, s vysokým podílem rozlohy zahrad na počtu obyvatel, s vysokým podílem zemědělské půdy na počtu obyvatel.	2
3 	Obce s průměrným podílem orné půdy ze zemědělské půdy, s vysokým podílem vodních ploch z celkové výměry, s nízkým podílem rozlohy lesní půdy na počtu obyvatel.	5
4 	Obce s vysokým podílem orné půdy ze zemědělské půdy, s průměrným podílem rozlohy zahrad na počtu obyvatel, s průměrným podílem zemědělské půdy na počtu obyvatel.	4
5 	Obce s průměrným podílem orné půdy ze zemědělské půdy, s vysokým podílem zastavěných a ostatních ploch z celkové výměry, s průměrným podílem rozlohy trvalých travních porostů na počtu obyvatel.	3
6 	Obce s průměrným podílem orné půdy ze zemědělské půdy, s vysokým podílem rozlohy trvalých travních porostů na počtu obyvatel, s vysokým podílem rozlohy lesní půdy na počtu obyvatel.	1

Opět jsou shlukům c_1, c_2, \dots, c_6 přiřazeny třídy $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_6$ podle úrovně udržitelného rozvoje v environmentální oblasti. Zatímco ve třídě ω_1 převládají travní porosty, třída ω_6 reprezentuje oblasti s vysokým podílem orné půdy.

Shluky v environmentální oblasti jsou zařazeny do tříd, viz tabulka 13. Četnosti jednotlivých tříd v environmentální oblasti, kde ω_1 reprezentuje třídu obcí s nejlépe

vyhodnoceným udržitelným rozvojem v environmentální oblasti a ω_6 nejhorší třídu, jsou uvedeny na obrázku 23.

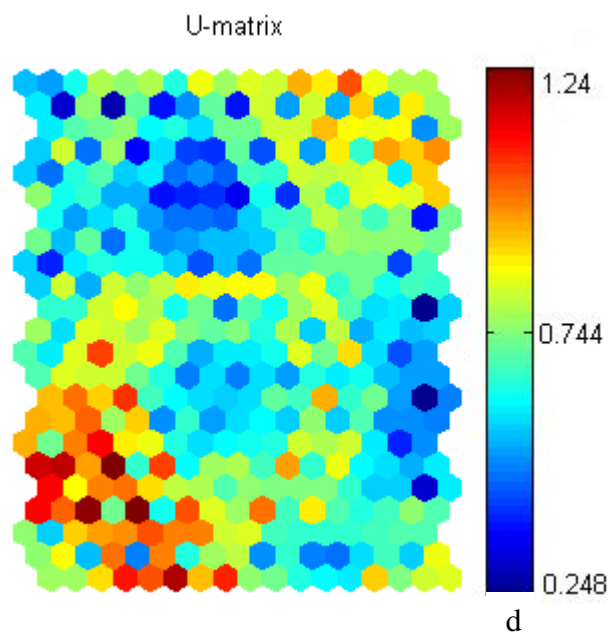


Obrázek 23: Klasifikace obcí do tříd – environmentální oblast. Zdroj: [vlastní]

V Pardubickém kraji převládají obce s průměrnou úrovní udržitelného rozvoje v environmentální oblasti reprezentované třídami ω_3 a ω_4 . Je třeba dodat, že nebylo možno zjistit parametry z oblasti kvality ovzduší, které by vedly ke změně zejména v obcích zatížených dopravou a obcích nacházejících se poblíž významných zdrojů znečištění. Tyto parametry nejsou na úrovni obcí Českým hydrometeorologickým ústavem zjišťovány.

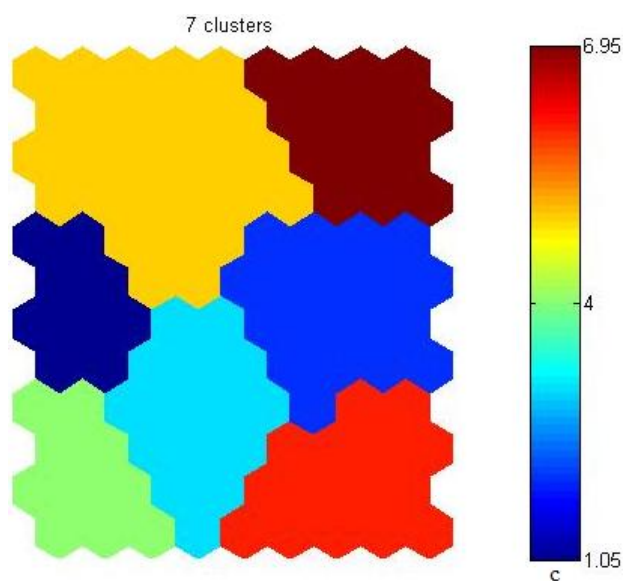
6.3 Analýza výsledků pro sociální oblast udržitelného rozvoje

V matici vzdáleností pro sociální oblast je možno pozorovat vlevo dole a vpravo nahoře reprezentanty vyznačující se velkou vzdáleností mezi sebou, z čehož vyplývá, že reprezentanti budou rozděleni do menších shluků. Oblasti nahoře uprostřed a vpravo uprostřed se vyznačují malou vzdáleností mezi reprezentanty a lze z toho odvodit, že reprezentanti v těchto oblastech budou náležet do jednoho velkého shluku nebo budou rozděleny do více větších shluků. Zobrazení U-matice pro sociální oblast je na obrázku 24.



Obrázek 24: U-matice – sociální oblast. Zdroj: [vlastní]

Z následujícího obrázku 25 vyplývá příslušnost reprezentantů SOM v sociální oblasti do 7 shluků.










Obrázek 25: Shlukování algoritmem k-průměrů – sociální oblast. Zdroj: [vlastní]

Rozdělení obcí do shluků potvrzuje uvedené předpoklady. Shluky se vzdálenými obcemi jsou označeny jako c_4 a c_7 .

Shluky lze interpretovat na základě hodnot sociálních parametrů P22, P23, ..., P39 pro reprezentanty SOM, které jsou uvedeny v Příloze 7. Při interpretaci shluků se vychází

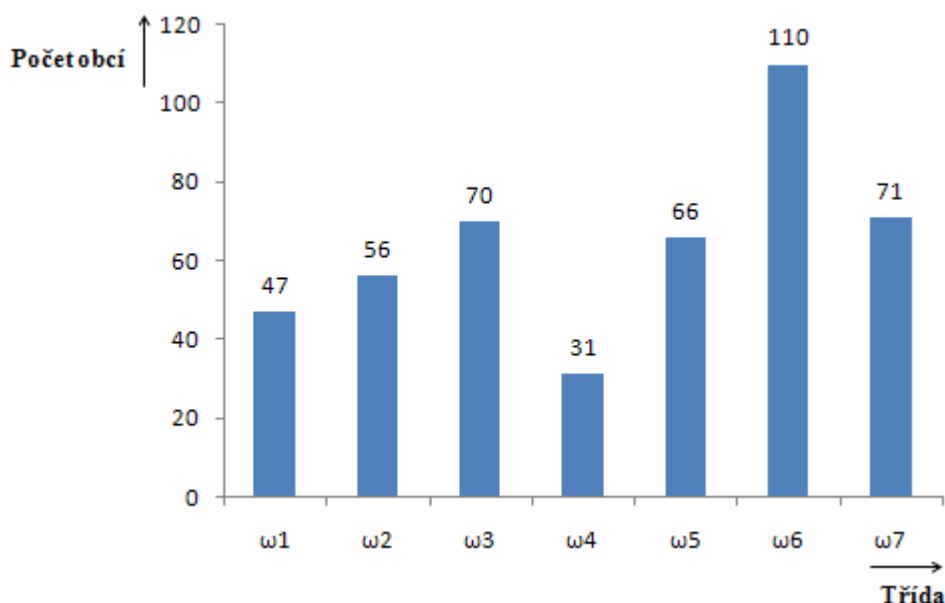
z hodnot jednotlivých parametrů, kterých reprezentanti SOM dosáhli. Popis shluků je uveden v tabulce 14.

Tabulka 14: Vyhodnocení sociálních parametrů udržitelného rozvoje. Zdroj: [vlastní]

Shluk	Sociální parametry	Třída ω_j
1 	Obce s nízkým počtem trvale obydlených bytů (TOB) na počtu obyvatel, s nízkým počtem obyvatel, s podprůměrným podílem VŠ obyvatel.	4
2 	Obce s nízkým počtem bytů sloužících k rekreaci v neobydlených domech na počtu obyvatel, s nízkou mírou nezaměstnanosti, s nízkým počtem dokončených bytů na počtu obyvatel.	5
3 	Obce s nadprůměrným podílem obyvatel v TOB napojených na kanalizaci, s nízkým počtem obyvatel, s nízkou mírou nezaměstnanosti.	2
4 	Obce s vysokým podílem obyvatel v TOB napojených na kanalizaci, s vysokým počtem obyvatel, s nízkou mírou nezaměstnanosti.	1
5 	Obce s nízkým počtem trvale obydlených bytů (TOB) na počtu obyvatel, s nízkým počtem obyvatel, s vysokým podílem obyvatel ve věku 0 - 14 let na celkovém počtu obyvatel.	6
6 	Obce s vysokým podílem obyvatel v TOB s plynem zavedeným do bytu, s nízkým počtem obyvatel, s vysokým počtem dokončených bytů na počtu obyvatel.	3
7 	Obce s průměrným podílem obyvatel v TOB s plynem zavedeným do bytu, s nízkým počtem obyvatel, s nízkým počtem dokončených bytů na počtu obyvatel.	7

Sociální oblast je chápána jako kvalita života obyvatel ve sledovaných obcích. V tomto ohledu mají výhodu obyvatelé ve velkých městech s vysokou občanskou vybaveností, technickou i sociální infrastrukturou. Třída ω_1 proto reprezentuje tyto velké obce s nízkou mírou nezaměstnaností. Naopak obce ve třídě ω_7 jsou malé obce s nízkou technickou infrastrukturou.

Shluky v sociální oblasti jsou zařazeny do tříd, viz tabulka 14. Četnosti jednotlivých tříd v sociální oblasti, kde ω_1 reprezentuje třídu obcí s nejlépe vyhodnoceným udržitelným rozvojem v sociální oblasti a ω_7 nejhorší třídu, jsou uvedeny na obrázku 26.

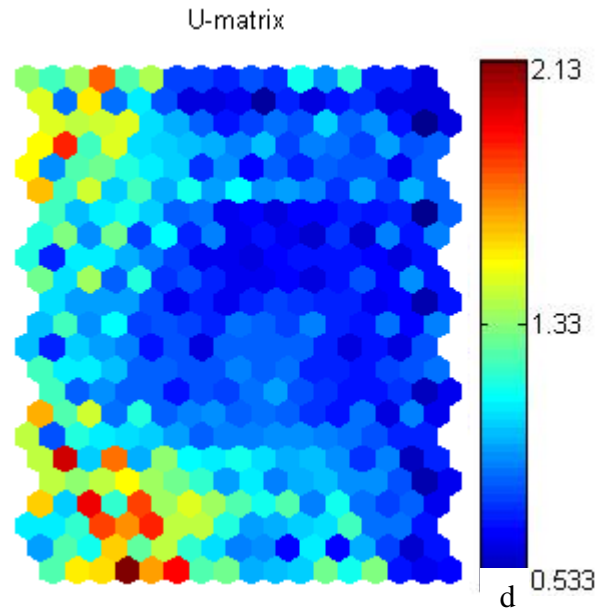


Obrázek 26: Klasifikace obcí do tříd – sociální oblast. Zdroj: [vlastní]

Vzhledem k velkému počtu malých obcí v Pardubickém kraji je nejvíce obcí zastoupeno ve třídách ω_6 a ω_7 , tj. malých obcích s nižší kvalitou života.

6.4 Analýza výsledků celkového udržitelného rozvoje

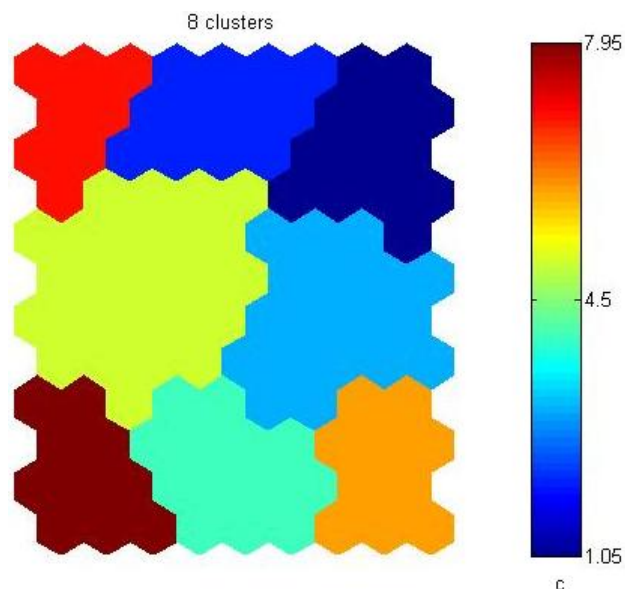
U-matice celkového udržitelného rozvoje je zobrazena na obrázku 27. V matici lze pozorovat oblasti vlevo nahoře a vlevo dole vyznačující se velkou vzdáleností mezi reprezentanty, z čehož se dá vyvodit, že reprezentanti, budou rozděleny do menších shluků na okrajích mapy. Naopak prostřední část matice a celá pravá část matice se vyznačuje malou vzdáleností mezi reprezentanty. Z tohoto poznatku lze vyvodit, že reprezentanti v těchto oblastech, budou patřit do jednoho velkého shluku nebo budou rozděleny do více větších shluků.



Obrázek 27: U-matice – celkový udržitelný rozvoj. Zdroj: [vlastní]

Použití všech vstupních parametrů P1, P2, ... , P39 umožňuje zkoumat strukturu celého vektoru parametrů. Bude také zřejmé, jak jsou na sobě jednotlivé oblasti udržitelného rozvoje závislé, jaký bude výsledný počet shluků (tříd).

Z následujícího obrázku 28. vyplývá příslušnost reprezentantů SOM celkového udržitelného rozvoje do 8 shluků.



Obrázek 28: Shlukování algoritmem k-průměrů – celkový udržitelný rozvoj. Zdroj: [vlastní]

Specifickými oblastmi jsou shluky c_7 a c_8 , které jsou od ostatních objektů vzdáleny také v U-matici na obrázku 27.

Shluky lze interpretovat na základě hodnot celkových parametrů P_1, P_2, \dots, P_{39} pro reprezentanty SOM, které jsou uvedeny v Příloze 8. Při interpretaci shluků se vychází z hodnot jednotlivých parametrů, kterých reprezentanti SOM dosáhli. Popis shluků je uveden v tabulce 15.

Tabulka 15: Vyhodnocení parametrů celkového udržitelného rozvoje. Zdroj: [vlastní]

Shluk	Celkové parametry	Třída ω_j
1 	Obce s nízkou průměrnou mzdou / průměr kraje, s nízkým podílem zastavěných a ostatních ploch z celkové výměry, s vysokou mírou nezaměstnanosti.	8
2 	Obce s nízkými přijatými dotacemi na obyvatele, s průměrným podílem zemědělské půdy na počtu obyvatel, s nízkým počtem dokončených bytů na počtu obyvatel.	6
3 	Obce s nízkou průměrnou mzdou / průměr kraje, s průměrným podílem zemědělské půdy na počtu obyvatel, s nízkým počtem obyvatel.	7
4 	Obce s vysokým podílem podnikatelských subjektů / tis. obyvatel, s vysokým podílem orné půdy ze zemědělské půdy, s vysokým počtem dokončených bytů na počtu obyvatel.	2
5 	Obce s vysokým podílem opakujících se příjmů a běžných výdajů, s nadprůměrným podílem orné půdy ze zemědělské půdy, s vysokým podílem obyvatel ve věku 0 - 14 let na celkovém počtu obyvatel.	3
6 	Obce s vysokou průměrnou mzdou / průměr kraje, s vysokým podílem vodních ploch z celkové výměry, s nízkým počtem obyvatel.	4
7 	Obce s vysokým podílem vlastních příjmů, s vysokým podílem zemědělské půdy na počtu obyvatel, s nízkým počtem trvale obydlených bytů (TOB) na počtu obyvatel.	5
8 	Obce s vysokým podílem přijatých dotací na obyvatele, s vysokým podílem zastavěných a ostatních ploch z celkové výměry, s nízkou mírou nezaměstnanosti.	1

Při analyzování celkového udržitelného rozvoje jsou shlukům c_1, c_2, \dots, c_8 přiřazeny třídy $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_8$ podle úrovně celkového udržitelného rozvoje. Z hlediska přehlednosti a výstižnosti jsou třídy resp. shluky v tabulce 15 popsány pouze jedním parametrem z ekonomické, environmentální a sociální oblasti udržitelného rozvoje. Hodnoty těchto parametrů jsou ve srovnání s hodnotami ostatních parametrů dominantní. Je však zřejmé, že na výslednou klasifikaci mají vliv hodnoty všech parametrů.

Parametry v třídě ω_1 dosahují ve všech oblastech vyrovnaných hodnot, tj. žádná oblast úplně špatná, nicméně rozhodující vliv má sociální oblast, která dosahuje ve třídě ω_1 výrazně lepších hodnot, než ve třídách ostatních. Jedná se např. o parametry P22 - vyjíždějí do zaměstnání mimo obec (městskou část) na počtu obyvatel, P30 - podíl obyvatel v TOB napojených na kanalizaci, P31 - počet obyvatel; P39 - počet lázeňských léčen.

Třída ω_2 se vyznačuje nízkou hodnotou parametru P1 - koncentrace ekonomiky, vysokou hodnotou parametrů P2 - průměrná mzda / průměr kraje a vysokou hodnotou P10 - počet podnikatelských subjektů / tis. obyvatel. Tyto parametry ukazují na vysokou ekonomickou úroveň obcí v dané třídě. V environmentální oblasti je třída ω_2 charakterizována vysokou hodnotou parametru P11 - kanalizace s ČOV, dále vysokou hodnotou parametru P13 - podíl orné půdy ze zemědělské půdy. Naopak nízkých hodnot dosahují parametry P19 - podíl rozlohy trvalých travních porostů na počtu obyvatel a P20 - podíl rozlohy lesní půdy na počtu obyvatel. V sociální oblasti dosahuje oproti ostatním třídám vysokých hodnot parametr P38 - počet dokončených bytů na počtu obyvatel.

Třída ω_3 se v ekonomické oblasti vyznačuje vysokou hodnotou parametru P1 - koncentrace ekonomiky, vysokou hodnotou parametru P3 - dluhová služba a vysokou hodnotou P5 - podíl opakujících se příjmů a běžných výdajů. Naopak nízkých hodnot dosahují parametry P2 - průměrná mzda / průměr kraje a parametr P9 - přijaté dotace na obyvatele. Environmentální oblast se vyznačuje průměrnými hodnotami u většiny parametrů, nicméně nadprůměrnou hodnotu dosahuje parametr P13 - podíl orné půdy ze zemědělské půdy. V sociální oblasti patří k parametrům s vysokou hodnotou parametr P28 - podíl obyvatel v TOB zásobovaných pitnou vodou z vodovodu a parametr P36 - podíl obyvatel ve věku 0 - 14 let na celkovém počtu obyvatel.

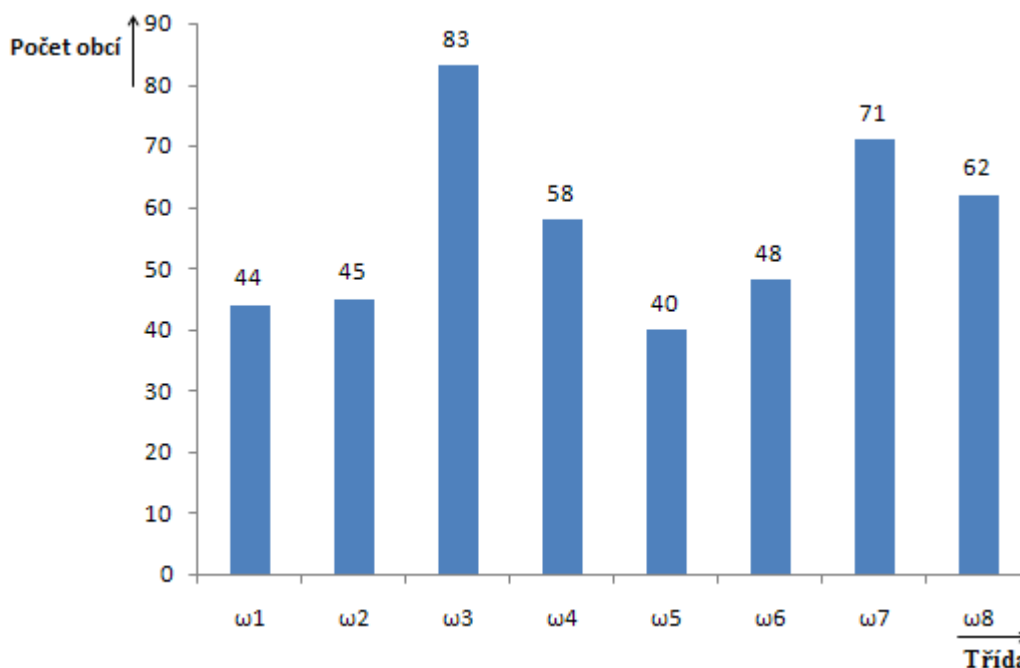
Ve třídě ω_4 dosahuje v ekonomické oblasti vysokých hodnot parametr P2 - průměrná mzda / průměr kraje a parametr P5 - podíl opakujících se příjmů a běžných výdajů. Nízké hodnoty parametr P9 - přijaté dotace na obyvatele. Environmentální oblast je charakterizována především vysokou hodnotou parametru P15 - podíl vodních ploch z celkové výměry. V sociální oblasti dosahují vysokých hodnot parametry P28 - podíl obyvatel v TOB

zásobovaných pitnou vodou z vodovodu a P29 - podíl obyvatel v TOB s plynem zavedeným do bytu.

Třída ω_5 je v ekonomické oblasti určena vysokou hodnotou parametrů P5 - podíl opakujících se příjmů a běžných výdajů a P6 - podíl vlastních příjmů. Parametr P2 - průměrná mzda / průměr kraje a parametr P9 - přijaté dotace na obyvatele dosahují nízkých hodnot. Environmentální oblast je u více než poloviny parametrů vyhodnocena jako oblast s vysokými hodnotami parametrů, naopak nízkých hodnot dosahuje např. parametr P14 - podíl zastavěných a ostatních ploch z celkové výměry. Sociální oblast je vymezena vysokou hodnotou parametru P23 – vyjíždějící do škol mimo obec (městskou část) na počtu obyvatel a vysokou hodnotou parametru P32 – míra nezaměstnanosti.

Třídy ω_6 , ω_7 , ω_8 dosahují nízkých hodnot v ekonomické oblasti u parametru P2 - průměrná mzda / průměr kraje a u parametru P9 - přijaté dotace na obyvatele. Vysokých hodnot dosahuje u těchto tříd v ekonomické oblasti parametr P5 - podíl opakujících se příjmů a běžných výdajů. Environmentální oblast se vyznačuje nízkou hodnotou ve všech třídách u parametru P11 - kanalizace s ČOV, P14 - podíl zastavěných a ostatních ploch z celkové výměry, P15 - podíl vodních ploch z celkové výměry a P16 - koeficient ekologické stability. Parametr P13 - podíl orné půdy ze zemědělské půdy dosahuje vysoké hodnoty u všech tříd. Sociální oblast je charakterizována ve všech třídách nízkou hodnotou parametru P31 - počet obyvatel a parametru P38 - počet dokončených bytů na počtu obyvatel. Parametry P22 - vyjíždějící do zaměstnání mimo obec (městskou část) na počtu obyvatel a P23 – vyjíždějící do škol mimo obec (městskou část) na počtu obyvatel jsou určeny vysokou hodnotou parametrů.

Shluky celkového udržitelného rozvoje jsou zařazeny do tříd, viz tabulka 15. Četnosti jednotlivých tříd celkového udržitelného rozvoje, kde ω_1 reprezentuje třídu obcí s nejlépe vyhodnoceným celkovým udržitelným rozvojem a ω_8 nejhorší třídu, jsou zobrazeny na obrázku 29.



Obrázek 29: Klasifikace obcí do tříd – celkový udržitelný rozvoj. Zdroj: [vlastní]

Nejvíce obcí (83) je zařazeno do třídy ω_3 , poměrně vysoký počet obcí je i ve třídách ω_7 (71) a ω_8 (62). Ve třídách ω_1 a ω_2 je počet obcí téměř vyrovnaný.

Zjištění závislostí mezi třídami všech oblastí udržitelného rozvoje a třídami celkového udržitelného rozvoje je možné s pomocí Spearmanova korelačního koeficientu. Tento test lze využít v případě, jestliže je cílem zjistit těsnost vztahů jednotlivých náhodných veličin a nelze použít obyčejný korelační koeficient, např. když nejsou splněny předpoklady normality nebo když nemůžeme hodnoty náhodných veličin přesně zjistit, ale máme k dispozici jen pořadí veličin. [14]

Při testování se porovnává p-hodnota (udává nejnižší možnou hladinu významnosti pro zamítnutí nulové hypotézy) se stanovenou hladinou významnosti $\alpha = 0.05$. Ve všech případech je p-hodnota $< \alpha$, tzn., že třídy nejsou nezávislé. Můžeme se tedy domnívat, že mezi třídami v jednotlivých oblastech a třídami celkového udržitelného rozvoje existuje korelační závislost. Ukázka datového souboru s přiřazenými třídami pro ekonomickou, environmentální, sociální oblast a celkový udržitelný rozvoj je znázorněna v Příloze 10.

6.5 Dílčí závěr

Tato kapitola byla věnována analýze výsledků v ekonomické oblasti, v environmentální oblasti, v sociální oblasti a celkového udržitelného rozvoje. Jednotlivé analýzy byly prováděny pomocí vizualizačních technik SOM toolboxu, v prostředí MATLAB 7. U všech oblastí včetně celkového udržitelného rozvoje byly postupně vytvářeny výstupy. V prvním kroku byla vytvořena tzv. matice vzdáleností (U-matrix), která ukazuje, jaké čtvercové euklidovské vzdálenosti d jsou mezi reprezentanty. Poté byl vytvořen výstup celkového počtu a rozložení shluků pomocí metody k-průměrů. Dalším krokem bylo vyhodnocení a popis shluků na základě parametrů. Závěrečná fáze se týkala klasifikace obcí do tříd na základě jejich udržitelného rozvoje.

Závěr

V diplomové práci je řešen problém modelování udržitelného rozvoje obcí v Pardubickém kraji s využitím Kohonenovy samoorganizující se mapy (SOM). Tento druh neuronové sítě je založen na učení bez učitele a je vhodný pro řešení klasifikačních úloh, kdy předem není známo rozdělení zkoumaných objektů do tříd.

V první části diplomové práce jsou vysvětleny základní pojmy týkající se udržitelného rozvoje spolu s popsáním tří pilířů udržitelného rozvoje. Těmito pilíři jsou ekonomický, environmentální a sociální. Základními programovými dokumenty vztahující se k udržitelnému rozvoji na celosvětové i místní úrovni jsou Agenda 21 a Místní agenda 21). Pozornost byla také věnována současnému vývoji udržitelného rozvoje regionů v ČR.

Dílčím cílem práce bylo charakterizovat a navrhnout indikátory na místní úrovni a předzpracovat vstupní data s využitím korelační analýzy. Návrh indikátorů byl rozdělen na tři části. Byly navrženy ekonomické, environmentální a sociální indikátory, jak bylo uvedeno v kapitole č. 2.

Třetí a čtvrtá kapitola byly věnovány problematice neuronových sítí, resp. Kohonenově sítí. Byla objasněna definice neuronové sítě, struktura neuronu, popsány také byly topologie a struktury neuronových sítí. Součástí kapitoly bylo objasnění procesu učení v neuronových sítích – učení s učitelem a učení bez učitele. V kapitole zaměřené na Kohonenovu síť byla popsána problematika volby parametrů učení.

Cílem práce bylo navrhnout model na klasifikaci obcí podle jejich udržitelného rozvoje. Návrh modelu byl popsán v 5. kapitole a vycházel z již zmiňovaného použití SOM. Navržen byl ekonomický model, environmentální model, sociální model a model celkového udržitelného rozvoje obcí Pardubického kraje. Modely byly následně verifikovány v programovém prostředí MATLAB 7. K nalezení shluků na naučenou SOM byl použit algoritmus k-průměrů. Ten spočívá v přiřazení každého objektu do jednoho shluku. Poté byly shluky analyzovány na základě matice vzdáleností a hodnot parametrů, výsledkem bylo přiřazení tříd shlukům.

Cíle diplomové práce byly splněny. Byly navrženy indikátory (parametry) udržitelného rozvoje pro obce Pardubického kraje. Dále byly vytvořeny čtyři klasifikační modely, které byly verifikovány v prostředí MATLAB 7. Výsledky modelování byly analyzovány. V ekonomickém modelu byly obce zařazeny do sedmi tříd, v environmentálním modelu do šesti tříd, v sociálním modelu do sedmi tříd a u modelu celkového udržitelného rozvoje byly obce zařazeny do osmi tříd.

Použitá literatura

- [1] MOZGA, J, VÍTEK, M. *Udržitelný rozvoj a řízení rizik, prohrum a krizí*. 2002. vyd. Hradec Králové: Gaudeamus, 2002. 331 s. ISBN 80-7041-293-3.
- [2] REMTOVÁ, K. *Trvale udržitelný rozvoj a strategie ochrany životního prostředí*. 1996. vyd. Praha: Ministerstvo životního prostředí České republiky, 1996. 95 s. Phare; sv. 36. ISBN 80-85368-93-5.
- [3] CENIA. *Udržitelný rozvoj* [online]. 2004 [cit. 2009-08-12]. Dostupný z WWW: <[http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/MZPMSFHV0HSB](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/MZPMSFHV0HSB)>.
- [4] MEZŘICKÝ, V. *Environmentální politika a udržitelný rozvoj*. 2005. vyd. Praha: Portál, 2005. 207 s. ISBN ISBN 80-7367-003-8.
- [5] *Plilíře udržitelného rozvoje* [online]. 2008 [cit. 2009-08-12]. Dostupný z WWW: <http://www.uur.cz/images/pap/KapitolaA/A12_PilireUdrzitelnehoRozvoje_20090710.pdf>.
- [6] CENIA. *O místní Agendě 21* [online]. 2004 [cit. 2009-08-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.ma21.cz/>>
- [7] *Strategie udržitelného rozvoje České republiky* [online]. 2005 [cit. 2009-08-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.businessinfo.cz/cz/clanek/koncepce-a-politiky/strategie-udrzitelneho-rozvoje-ceske/1000502/21089/>>.
- [8] *Co je diverzita - odborný slovník* [online]. 1998 [cit. 2009-08-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.priroda.cz/slovník.php?detail=2>>
- [9] *Zásady regionální politiky ČR* [online]. 2007 [cit. 2009-08-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.businessinfo.cz/cz/clanek/rozvoj-regionu/zasady-regionalni-politiky-cr/1001179/46053/>>.
- [10] *Návrh národního rozvojového plánu České republiky 2007-2013* [online]. 2006 [cit. 2009-08-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.strukturalni-fondy.cz/CMSPages/GetFile.aspx?guid=45fc8d6d-7007-4bc9-8f17-d172d12e2fa0>>.
- [11] *Ústav pro ekopolitiku, o. p. s. - Slovníček pojmů* [online]. 2006 [cit. 2009-08-12]. Dostupný z WWW: <<http://ekopolitika.cz/cs/ustecko-zivy-region/slovnicek-pojmu.html>>.
- [12] *2. Situační zpráva ke Strategii udržitelného rozvoje ČR* [online]. 2006 [cit. 2009-08-12]. Dostupný z WWW: <[http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/MZPMSFHDH96H](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/MZPMSFHDH96H)>.

- [13] NOVÁK, J. *Evropské indikátory udržitelného rozvoje v praxi měst České republiky* [online]. 2006 [cit. 2009-08-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.timur.cz/cz/dokumenty/publikace-timur/evropske-indikatory-udrzitelneho-rozvoje-v-praxi-mest-ceske-republiky/details.html>>.
- [14] KUBANOVÁ, J. *Statistické metody pro ekonomickou a technickou praxi*. Bratislava: Statis, 2003. 247 s. ISBN 80-85659-31-X.
- [15] HÁJEK, P. *Modelování bonity obcí metodami výpočetní inteligence*. Pardubice, 2006. 171 s. Disertační práce, Fakulta ekonomicko – správní, Universita Pardubice.
- [16] ČSÚ: *územně analytické podklady za obce České republiky* [online]. 12. 8. 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>.
- [17] KVASNIČKA, V. a kol. *Úvod do teórie neuronových sietí*. Bratislava: Iris, 1997. ISBN 80-88778-30-1. 262 s.
- [18] HAYKIN, S. *Neural Networks : A Comprehensive Foundation*. 2nd edition. New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1999. 842 s. ISBN 0-13-273350-1.
- [19] MAŘÍK, V. – ŠTĚPÁNKOVÁ, O. – KATANSKÝ, J. a kol. *Umělá inteligence (4)*, Praha: Academia, 2003. 480 s. ISBN 80-200-1044-0.
- [20] NOVÁK, M. *Umělé neuronové sítě: teorie a aplikace*. 1998. vyd. Praha: C. H. BECK, 1998. 382 s. ISBN 80-7179-132-6.
- [21] RADOVÁ, V. *Neuronové sítě pro humanitní studia* [online]. [cit. 2007-04-09] Dostupné na <<http://control.zcu.cz/~radova/teaching/neuh/prednasky.pdf>>.
- [22] TUČKOVÁ, J. *Úvod do teorie a aplikací umělých neuronových sítí*. 2005. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 2005. 103 s. ISBN 80-01-02800-3.
- [23] MARTINOVÍČ, J. *Information Retrieval a shlukování metodou WEBSOM* [online]. 2005 [cit. 2009-08-12]. Dostupný z WWW: <<http://mrkni.cz/martinovic/publications/doc/WEBSOM.pdf>>.
- [24] SYROVÁTKA, M. *Modelování bonity obcí pomocí Kohonenových neuronových sítí*. Diplomová práce, 2007. vyd. Pardubice: Fakulta ekonomicko-správní, 2007. 81 s.
- [25] ŠOCHMAN, J. *Cvičení z RPZ - Shlukování k-means* [online]. 2005 [cit. 2009-08-12]. Dostupný z WWW: <<http://cmp.felk.cvut.cz/cmp/courses/recognition/Labs/kmeans/kmeans.pdf>>.

Seznam zkratek

ADI	Alternativní Dunn-ův index
BMU	Best Matching Unit, vítězný neuron
ČOV	Čistička odpadních vod
ČR	Česká republika
DB	Davies-Bouldin-ův index
DI	Dunn-ův index
ECI	European Common Indicators (Společné evropské indikátory)
EKO	Ekonomický parametr
ENV	Environmentální parametr
EU	Evropská unie
MMR	Ministerstvo pro místní rozvoj
OSN	Organizace spojených národů
QE	Quantization Error, kvantizační chyba
SOC	Sociální parametr
SOM	Self organizing map (Kohonenova samoorganizující se mapa, Kohonenova neuronová síť)
TE	Topographic Error, topografická chyba
TOB	Trvale obydlený byt
VN	Výpočetní náročnost
UNDP	United Nations Development Program (Rozvojový program OSN)
UR	Udržitelný rozvoj
WCED	World Commission on Environment and Development (Světová komise pro životní prostředí a rozvoj)

Seznam obrázků

Obrázek 1: Sociální integrita, ekonomická integrita a integrita prostředí	10
Obrázek 2: Struktura formálního neuronu	41
Obrázek 3: Neuronová síť. A – dopředná neuronová síť, B – rekurentní neuronová síť	42
Obrázek 4: Neuronová síť - úplný bipartitní graf	42
Obrázek 5: Grafické znázornění učení s učitelem	44
Obrázek 6: Grafické znázornění učení bez učitele	44
Obrázek 7: Struktura Kohonenovy sítě	46
Obrázek 8: Kohonenova síť se dvěma vstupy a 9 neurony	46
Obrázek 9: Naučená mřížka, mřížka doplněná o nové neurony, výsledná mřížka	47
Obrázek 10: Okolí vítězného neuronu u čtvercové a hexagonální mřížky	48
Obrázek 11: Počáteční stav, postupná adaptace, výsledný stav mřížky	50
Obrázek 12: Adaptace parametru velikosti okolí λ a parametru učení α	50
Obrázek 13: Návrh modelu udržitelného rozvoje obcí Pardubického kraje	54
Obrázek 14: Davies-Bouldin-ův index – ekonomická oblast	58
Obrázek 15: Davies-Bouldin-ův index – environmentální oblast	59
Obrázek 16: Davies-Bouldin-ův index – sociální oblast	61
Obrázek 17: Davies-Bouldin-ův index – celkový udržitelný rozvoj	62
Obrázek 18: U-matice – ekonomická oblast	64
Obrázek 19: Shlukování algoritmem k-průměrů – ekonomická oblast	65
Obrázek 20: Klasifikace obcí do tříd – ekonomická oblast	67
Obrázek 21: U-matice – environmentální oblast	68
Obrázek 22: Shlukování algoritmem k-průměrů – environmentální oblast	68
Obrázek 23: Klasifikace obcí do tříd – environmentální oblast	70
Obrázek 24: U-matice – sociální oblast	71
Obrázek 25: Shlukování algoritmem k-průměrů – sociální oblast	71
Obrázek 26: Klasifikace obcí do tříd – sociální oblast	73
Obrázek 27: U-matice – celkový udržitelný rozvoj	74
Obrázek 28: Shlukování algoritmem k-průměrů – celkový udržitelný rozvoj	74
Obrázek 29: Klasifikace obcí do tříd – celkový udržitelný rozvoj	78
Obrázek 30: Parametry SOM pro ekonomickou oblast, kde d je rozsah původních hodnot parametrů	94
Obrázek 31: Parametry SOM pro environmentální oblast, kde d je rozsah původních hodnot parametrů	95
Obrázek 32: Parametry SOM pro sociální oblast, kde d je rozsah původních hodnot parametrů	97
Obrázek 33: Parametry SOM pro celkový udržitelný rozvoj, kde d je rozsah původních hodnot parametrů	100
Obrázek 34: Zdrojový kód celkového modelu udržitelného rozvoje SOM	101

Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled indikátorů udržitelného rozvoje v Pardubickém kraji na úrovni obcí.....	26
Tabulka 2: Korelační matice ekonomických parametrů.....	28
Tabulka 3: Popisná statistika ekonomických indikátorů P1 - P10.....	30
Tabulka 4: Korelační matice environmentálních parametrů.....	31
Tabulka 5: Popisná statistika environmentálních indikátorů P11 - P21.....	34
Tabulka 6: Korelační matice sociálních indikátorů.....	35
Tabulka 7: Popisná statistika sociálních indikátorů P22 - P39.....	39
Tabulka 8: Parametry učení modelu pro ekonomickou oblast.....	57
Tabulka 9: Parametry učení modelu pro environmentální oblast.....	59
Tabulka 10: Parametry učení modelu pro sociální oblast.....	60
Tabulka 11: Parametry učení modelu celkového udržitelného rozvoje.....	62
Tabulka 12: Vyhodnocení ekonomických parametrů udržitelného rozvoje.....	66
Tabulka 13: Vyhodnocení environmentálních parametrů udržitelného rozvoje.....	69
Tabulka 14: Vyhodnocení sociálních parametrů udržitelného rozvoje.....	72
Tabulka 15: Vyhodnocení parametrů celkového udržitelného rozvoje.....	75
Tabulka 16: Sekvenční algoritmus s $\eta = 0.05$ ve fázi doladování – ekonomická oblast.....	86
Tabulka 17: Sekvenční algoritmus s $\eta = 0.1$ ve fázi doladování – ekonomická oblast.....	86
Tabulka 18: Dávkový algoritmus - ekonomická oblast.....	87
Tabulka 19: Sekvenční algoritmus s $\eta = 0.05$ ve fázi doladování – environmentální oblast.....	88
Tabulka 20: Sekvenční algoritmus s $\eta = 0.1$ ve fázi doladování – environmentální oblast.....	88
Tabulka 21: Dávkový algoritmus - environmentální oblast.....	89
Tabulka 22: Sekvenční algoritmus s $\eta = 0.05$ ve fázi doladování – sociální oblast.....	90
Tabulka 23: Sekvenční algoritmus s $\eta = 0.1$ ve fázi doladování – sociální oblast.....	90
Tabulka 24: Dávkový algoritmus - sociální oblast.....	91
Tabulka 25: Sekvenční algoritmus s $\eta = 0.05$ ve fázi doladování – celkový udržitelný rozvoj.....	92
Tabulka 26: Sekvenční algoritmus s $\eta = 0.1$ ve fázi doladování – celkový udržitelný rozvoj.....	92
Tabulka 27: Dávkový algoritmus – celkový udržitelný rozvoj.....	93
Tabulka 28: Ukázka datového souboru s přiřazenými třídami.....	102

Seznam příloh

Příloha 1 – Modely sekvenčního a dávkového algoritmu – ekonomická oblast.....	86
Příloha 2 – Modely sekvenčního a dávkového algoritmu – environmentální oblast.....	88
Příloha 3 – Modely sekvenčního a dávkového algoritmu – sociální oblast.....	90
Příloha 4 – Modely sekvenčního a dávkového algoritmu – celkový udržitelný rozvoj.....	92
Příloha 5 – Ekonomické parametry SOM.....	94
Příloha 6 – Environmentální parametry SOM.....	95
Příloha 7 – Sociální parametry SOM.....	96
Příloha 8 – Parametry celkového udržitelného rozvoje SOM.....	98
Příloha 9 – Zdrojový kód pro celkový model udržitelného rozvoje SOM.....	101
Příloha 10 – Ukázka datového souboru s přiřazenými třídami pro ekonomickou, environmentální, sociální oblast a celkový udržitelný rozvoj.....	102

Příloha 1 – Modely sekvenčního a dávkového algoritmu – ekonomická oblast

Tabulka 16: Sekvenční algoritmus s $\eta = 0.05$ ve fázi dolad'ování – ekonomická oblast. Zdroj: [vlastní]

Inicializace	Lineární	Lineární	Lineární	Lineární
Algoritmus učení	Sekvenční	Sekvenční	Sekvenční	Sekvenční
Počet neuronů v kompetiční vrstvě	108	108	108	108
Fáze učení				
fáze uspořádaní				
počáteční poloměr okolí $\lambda(t)$	3	3	3	3
konečný poloměr okolí $\lambda(t)$	1	1	1	1
doba učení (v epochách)	20	20	20	20
rychlost učení η	0.2	0.3	0.4	0.5
fáze dolad'ování				
počáteční poloměr okolí $\lambda(t)$	2	2	2	2
konečný poloměr okolí $\lambda(t)$	1	1	1	1
doba učení (v epochách)	100	100	100	100
rychlost učení η	0.05	0.05	0.05	0.05
Kvalita učení SOM				
Kvantizační chyba - QE	1.6948	1.6831	1.6921	1.6933
Topografická chyba - TE	0.0200	0.0177	0.0266	0.0355

Tabulka 17: Sekvenční algoritmus s $\eta = 0.1$ ve fázi dolad'ování – ekonomická oblast. Zdroj: [vlastní]

Inicializace	Lineární	Lineární	Lineární	Lineární
Algoritmus učení	Sekvenční	Sekvenční	Sekvenční	Sekvenční
Počet neuronů v kompetiční vrstvě	108	108	108	108
Fáze učení				
fáze uspořádaní				
počáteční poloměr okolí $\lambda(t)$	3	3	3	3
konečný poloměr okolí $\lambda(t)$	1	1	1	1
doba učení (v epochách)	20	20	20	20
rychlost učení η	0.2	0.3	0.4	0.5
fáze dolad'ování				
počáteční poloměr okolí $\lambda(t)$	2	2	2	2
konečný poloměr okolí $\lambda(t)$	1	1	1	1
doba učení (v epochách)	100	100	100	100
rychlost učení η	0.1	0.1	0.1	0.1
Kvalita učení SOM				
Kvantizační chyba - QE	1.6665	1.6231	1.6294	1.6337
Topografická chyba - TE	0.0377	0.0266	0.0155	0.0200

Tabulka 18: Dávkový algoritmus - ekonomická oblast. Zdroj: [vlastní]

Inicializace	Lineární	Lineární	Lineární	Lineární	Lineární
Algoritmus učení	Dávkový	Dávkový	Dávkový	Dávkový	Dávkový
Počet neuronů v kompetiční vrstvě	108	108	108	108	108
Fáze učení					
fáze uspořádání					
počáteční poloměr okolí $\lambda(t)$	3	3	3	3	3
konečný poloměr okolí $\lambda(t)$	1	1	1	1	1
doba učení (v epochách)	5	10	20	20	20
rychlost učení η					
fáze doladování					
počáteční poloměr okolí $\lambda(t)$	2	2	2	2	2
konečný poloměr okolí $\lambda(t)$	1	1	1	1	1
doba učení (v epochách)	80	100	100	120	140
rychlost učení η					
Kvalita učení SOM					
Kvantizační chyba - QE	1.5535	1.5410	1.5508	1.5462	1.5501
Topografická chyba - TE	0.0355	0.0244	0.0399	0.0377	0.0399

Příloha 2 – Modely sekvenčního a dávkového algoritmu – environmentální oblast

Tabulka 19: Sekvenční algoritmus s $\eta = 0.05$ ve fázi dolad'ování – environmentální oblast. Zdroj: [vlastní]

Inicializace	Lineární	Lineární	Lineární	Lineární
Algoritmus učení	Sekvenční	Sekvenční	Sekvenční	Sekvenční
Počet neuronů v kompetiční vrstvě	108	108	108	108
Fáze učení				
fáze uspořádání				
počáteční poloměr okolí $\lambda(t)$	3	3	3	3
konečný poloměr okolí $\lambda(t)$	1	1	1	1
doba učení (v epochách)	20	20	20	20
rychlost učení η	0.2	0.3	0.4	0.5
fáze dolad'ování				
počáteční poloměr okolí $\lambda(t)$	2	2	2	2
konečný poloměr okolí $\lambda(t)$	1	1	1	1
doba učení (v epochách)	100	100	100	100
rychlost učení η	0.05	0.05	0.05	0.05
Kvalita učení SOM				
Kvantizační chyba - QE	1.5664	1.5676	1.568	1.5688
Topografická chyba - TE	0.0044	0.0067	0.0044	0.0022

Tabulka 20: Sekvenční algoritmus s $\eta = 0.1$ ve fázi dolad'ování – environmentální oblast. Zdroj: [vlastní]

Inicializace	Lineární	Lineární	Lineární	Lineární
Algoritmus učení	Sekvenční	Sekvenční	Sekvenční	Sekvenční
Počet neuronů v kompetiční vrstvě	108	108	108	108
Fáze učení				
fáze uspořádání				
počáteční poloměr okolí $\lambda(t)$	3	3	3	3
konečný poloměr okolí $\lambda(t)$	1	1	1	1
doba učení (v epochách)	20	20	20	20
rychlost učení η	0.2	0.3	0.4	0.5
fáze dolad'ování				
počáteční poloměr okolí $\lambda(t)$	2	2	2	2
konečný poloměr okolí $\lambda(t)$	1	1	1	1
doba učení (v epochách)	100	100	100	100
rychlost učení η	0.1	0.1	0.1	0.1
Kvalita učení SOM				
Kvantizační chyba - QE	1.5414	1.5132	1.5251	1.5173
Topografická chyba - TE	0.0155	0.0089	0.0133	0.0067

Tabulka 21: Dávkový algoritmus - environmentální oblast. Zdroj: [vlastní]

Inicializace	Lineární	Lineární	Lineární	Lineární	Lineární
Algoritmus učení	Dávkový	Dávkový	Dávkový	Dávkový	Dávkový
Počet neuronů v kompetiční vrstvě	108	108	108	108	108
Fáze učení					
fáze uspořádání					
počáteční poloměr okolí $\lambda(t)$	3	3	3	3	3
konečný poloměr okolí $\lambda(t)$	1	1	1	1	1
doba učení (v epochách)	5	10	20	20	20
rychlost učení η					
fáze doladování					
počáteční poloměr okolí $\lambda(t)$	2	2	2	2	2
konečný poloměr okolí $\lambda(t)$	1	1	1	1	1
doba učení (v epochách)	80	100	100	120	140
rychlost učení η					
Kvalita učení SOM					
Kvantizační chyba - QE	1.3949	1.3949	1.3954	1.3937	1.3939
Topografická chyba - TE	0.0133	0.0133	0.0155	0.0067	0.0067

Příloha 3 – Modely sekvenčního a dávkového algoritmu – sociální oblast

Tabulka 22: Sekvenční algoritmus s $\eta = 0.05$ ve fázi doladování – sociální oblast. Zdroj: [vlastní]

Inicializace	Lineární	Lineární	Lineární	Lineární
Algoritmus učení	Sekvenční	Sekvenční	Sekvenční	Sekvenční
Počet neuronů v kompetiční vrstvě	108	108	108	108
Fáze učení				
fáze uspořádání				
počáteční poloměr okolí $\lambda(t)$	3	3	3	3
konečný poloměr okolí $\lambda(t)$	1	1	1	1
doba učení (v epochách)	20	20	20	20
rychlost učení η	0.2	0.3	0.4	0.5
fáze doladování				
počáteční poloměr okolí $\lambda(t)$	2	2	2	2
konečný poloměr okolí $\lambda(t)$	1	1	1	1
doba učení (v epochách)	100	100	100	100
rychlost učení η	0.05	0.05	0.05	0.05
Kvalita učení SOM				
Kvantizační chyba - QE	2.6111	2.6135	2.6114	2.6132
Topografická chyba - TE	0.0111	0.0222	0.0089	0.0133

Tabulka 23: Sekvenční algoritmus s $\eta = 0.1$ ve fázi doladování – sociální oblast. Zdroj: [vlastní]

Inicializace	Lineární	Lineární	Lineární	Lineární
Algoritmus učení	Sekvenční	Sekvenční	Sekvenční	Sekvenční
Počet neuronů v kompetiční vrstvě	108	108	108	108
Fáze učení				
fáze uspořádání				
počáteční poloměr okolí $\lambda(t)$	3	3	3	3
konečný poloměr okolí $\lambda(t)$	1	1	1	1
doba učení (v epochách)	20	20	20	20
rychlost učení η	0.2	0.3	0.4	0.5
fáze doladování				
počáteční poloměr okolí $\lambda(t)$	2	2	2	2
konečný poloměr okolí $\lambda(t)$	1	1	1	1
doba učení (v epochách)	100	100	100	100
rychlost učení η	0.1	0.1	0.1	0.1
Kvalita učení SOM				
Kvantizační chyba - QE	2.5621	2.5643	2.5686	2.567
Topografická chyba - TE	0.0177	0.0244	0.0177	0.0222

Tabulka 24: Dávkový algoritmus - sociální oblast. Zdroj: [vlastní]

Inicializace	Lineární	Lineární	Lineární	Lineární	Lineární
Algoritmus učení	Dávkový	Dávkový	Dávkový	Dávkový	Dávkový
Počet neuronů v kompetiční vrstvě	108	108	108	108	108
Fáze učení					
fáze uspořádání					
počáteční poloměr okolí $\lambda(t)$	3	3	3	3	3
konečný poloměr okolí $\lambda(t)$	1	1	1	1	1
doba učení (v epochách)	5	10	20	20	20
rychlost učení η					
fáze doladování					
počáteční poloměr okolí $\lambda(t)$	2	2	2	2	2
konečný poloměr okolí $\lambda(t)$	1	1	1	1	1
doba učení (v epochách)	80	100	100	120	140
rychlost učení η					
Kvalita učení SOM					
Kvantizační chyba - QE	2.4041	2.4094	2.4188	2.4111	2.4141
Topografická chyba - TE	0.0222	0.0177	0.0288	0.0133	0.0222

Příloha 4 – Modely sekvenčního a dávkového algoritmu – celkový udržitelný rozvoj

Tabulka 25: Sekvenční algoritmus s $\eta = 0.05$ ve fázi doladování – celkový udržitelný rozvoj. Zdroj: [vlastní]

Inicializace	Lineární	Lineární	Lineární	Lineární
Algoritmus učení	Sekvenční	Sekvenční	Sekvenční	Sekvenční
Počet neuronů v kompetiční vrstvě	108	108	108	108
Fáze učení				
fáze uspořádání				
počáteční poloměr okolí $\lambda(t)$	3	3	3	3
konečný poloměr okolí $\lambda(t)$	1	1	1	1
doba učení (v epochách)	20	20	20	20
rychlost učení η	0.2	0.3	0.4	0.5
fáze doladování				
počáteční poloměr okolí $\lambda(t)$	2	2	2	2
konečný poloměr okolí $\lambda(t)$	1	1	1	1
doba učení (v epochách)	100	100	100	100
rychlost učení η	0.05	0.05	0.05	0.05
Kvalita učení SOM				
Kvantizační chyba - QE	4.4678	4.4714	4.4759	4.4690
Topografická chyba - TE	0.0089	0.0089	0.0067	0.0067

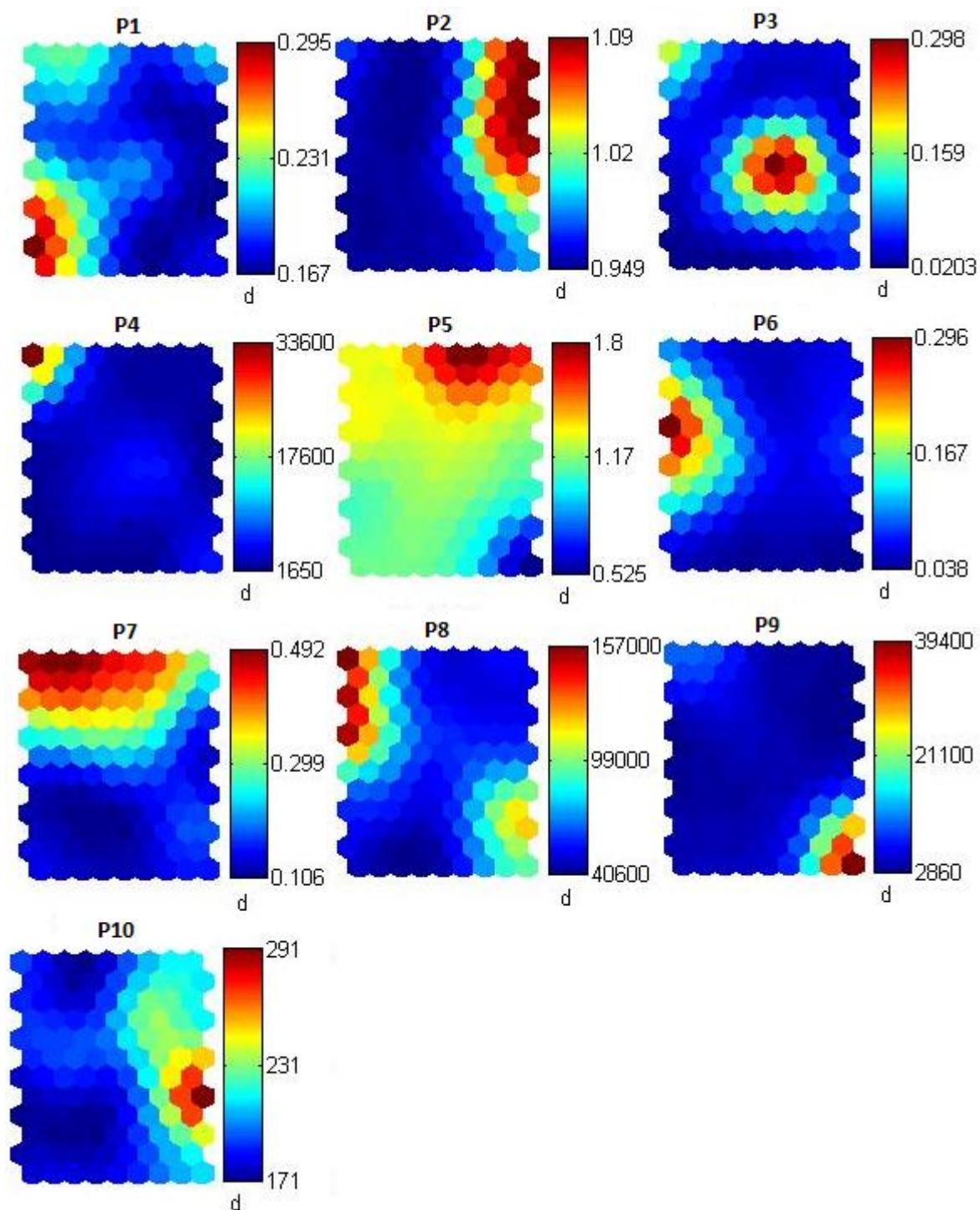
Tabulka 26: Sekvenční algoritmus s $\eta = 0.1$ ve fázi doladování – celkový udržitelný rozvoj. Zdroj: [vlastní]

Inicializace	Lineární	Lineární	Lineární	Lineární
Algoritmus učení	Sekvenční	Sekvenční	Sekvenční	Sekvenční
Počet neuronů v kompetiční vrstvě	108	108	108	108
Fáze učení				
fáze uspořádání				
počáteční poloměr okolí $\lambda(t)$	3	3	3	3
konečný poloměr okolí $\lambda(t)$	1	1	1	1
doba učení (v epochách)	20	20	20	20
rychlost učení η	0.2	0.3	0.4	0.5
fáze doladování				
počáteční poloměr okolí $\lambda(t)$	2	2	2	2
konečný poloměr okolí $\lambda(t)$	1	1	1	1
doba učení (v epochách)	100	100	100	100
rychlost učení η	0.1	0.1	0.1	0.1
Kvalita učení SOM				
Kvantizační chyba - QE	4.4178	4.4152	4.4142	4.4073
Topografická chyba - TE	0.0067	0.0044	0.0133	0.0222

Tabulka 27: Dávkový algoritmus – celkový udržitelný rozvoj. Zdroj: [vlastní]

Inicializace	Lineární	Lineární	Lineární	Lineární	Lineární
Algoritmus učení	Dávkový	Dávkový	Dávkový	Dávkový	Dávkový
Počet neuronů v kompetiční vrstvě	108	108	108	108	108
Fáze učení					
fáze uspořádání					
počáteční poloměr okolí $\lambda(t)$	3	3	3	3	3
konečný poloměr okolí $\lambda(t)$	1	1	1	1	1
doba učení (v epochách)	5	10	20	20	20
rychlost učení η					
fáze doladování					
počáteční poloměr okolí $\lambda(t)$	2	2	2	2	2
konečný poloměr okolí $\lambda(t)$	1	1	1	1	1
doba učení (v epochách)	80	100	100	120	140
rychlost učení η					
Kvalita učení SOM					
Kvantizační chyba - QE	4.3014	4.2867	4.2864	4.2846	4.2847
Topografická chyba - TE	0.0155	0.0089	0.0155	0.0111	0.0089

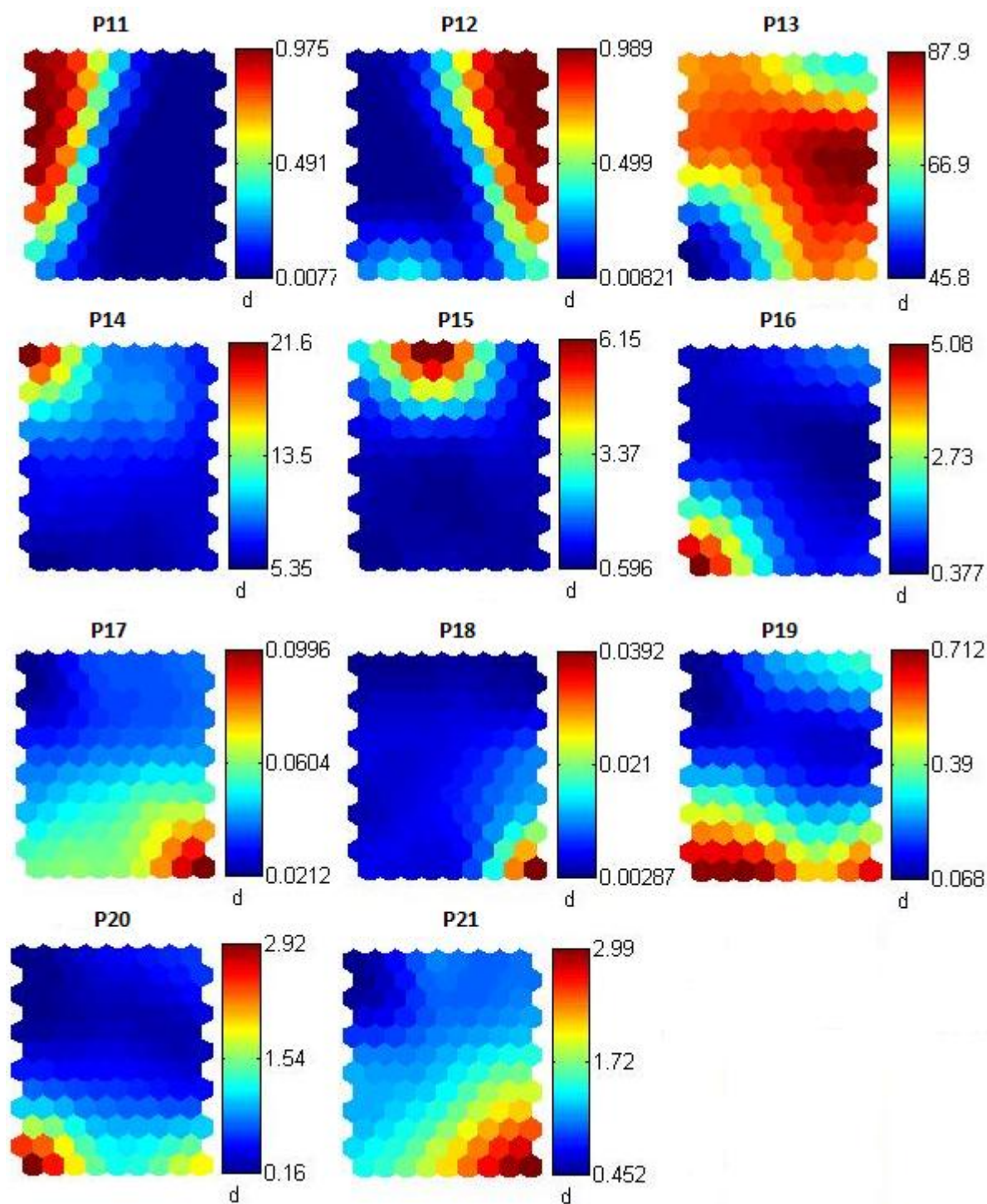
Příloha 5 – Ekonomické parametry SOM



Obrázek 30: Parametry SOM pro ekonomickou oblast, kde d je rozsah původních hodnot parametrů.

Zdroj: [vlastní]

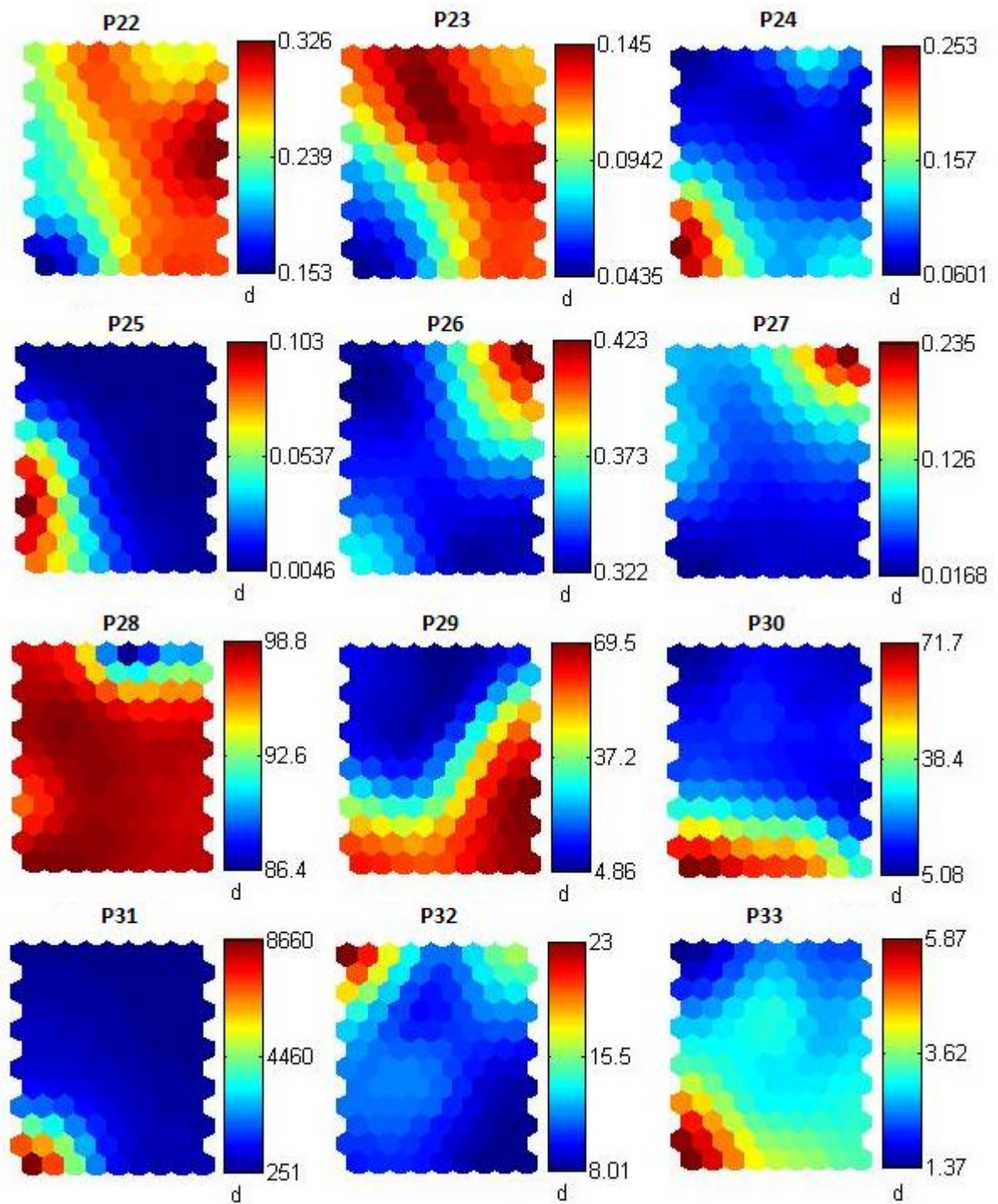
Příloha 6 – Environmentální parametry SOM

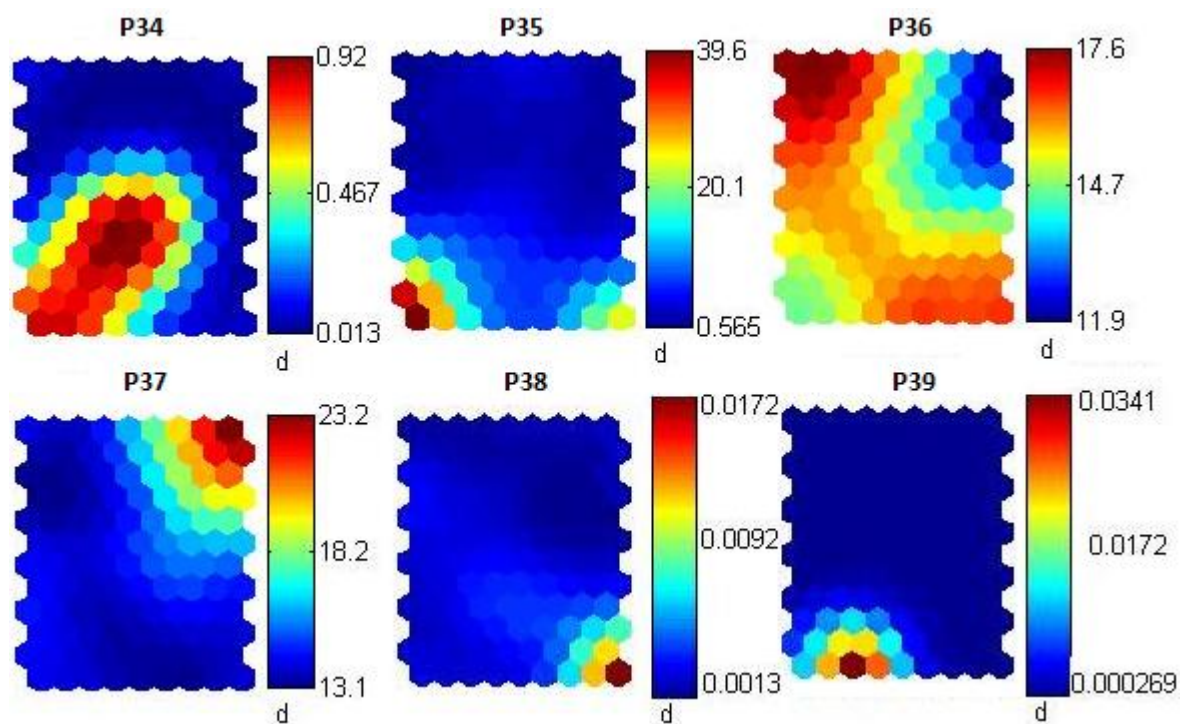


Obrázek 31: Parametry SOM pro environmentální oblast, kde d je rozsah původních hodnot parametrů.

Zdroj: [vlastní]

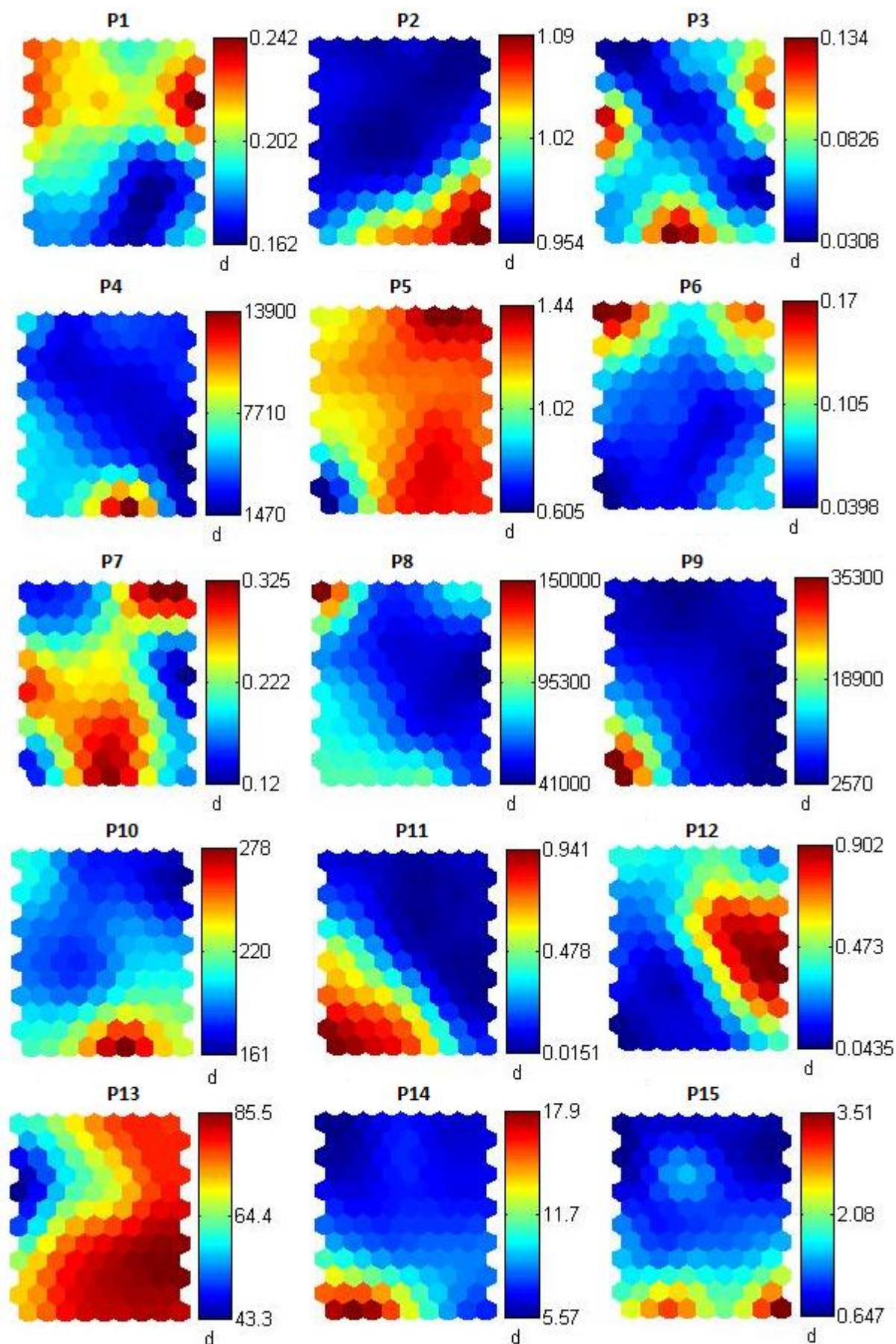
Příloha 7 – Sociální parametry SOM

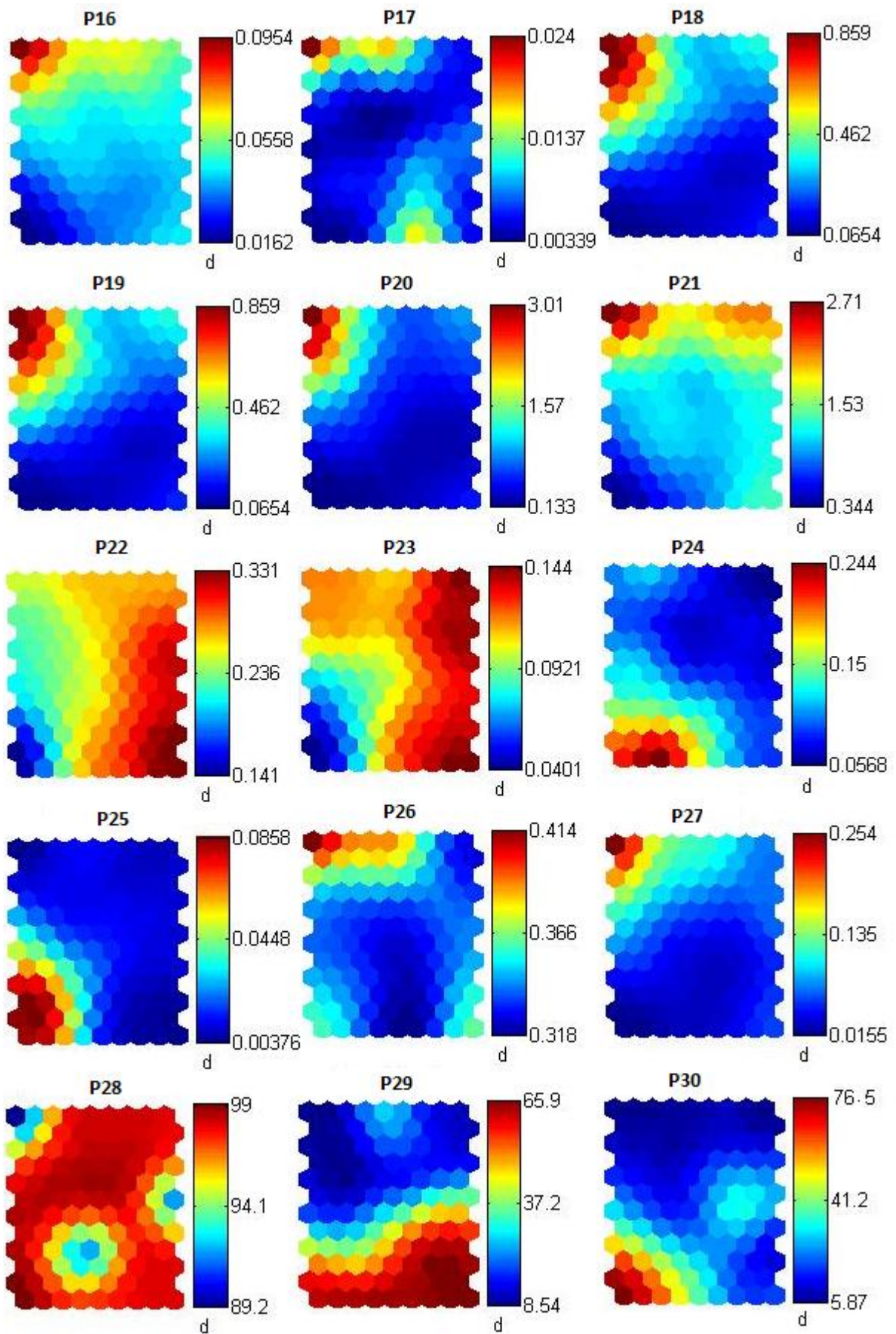


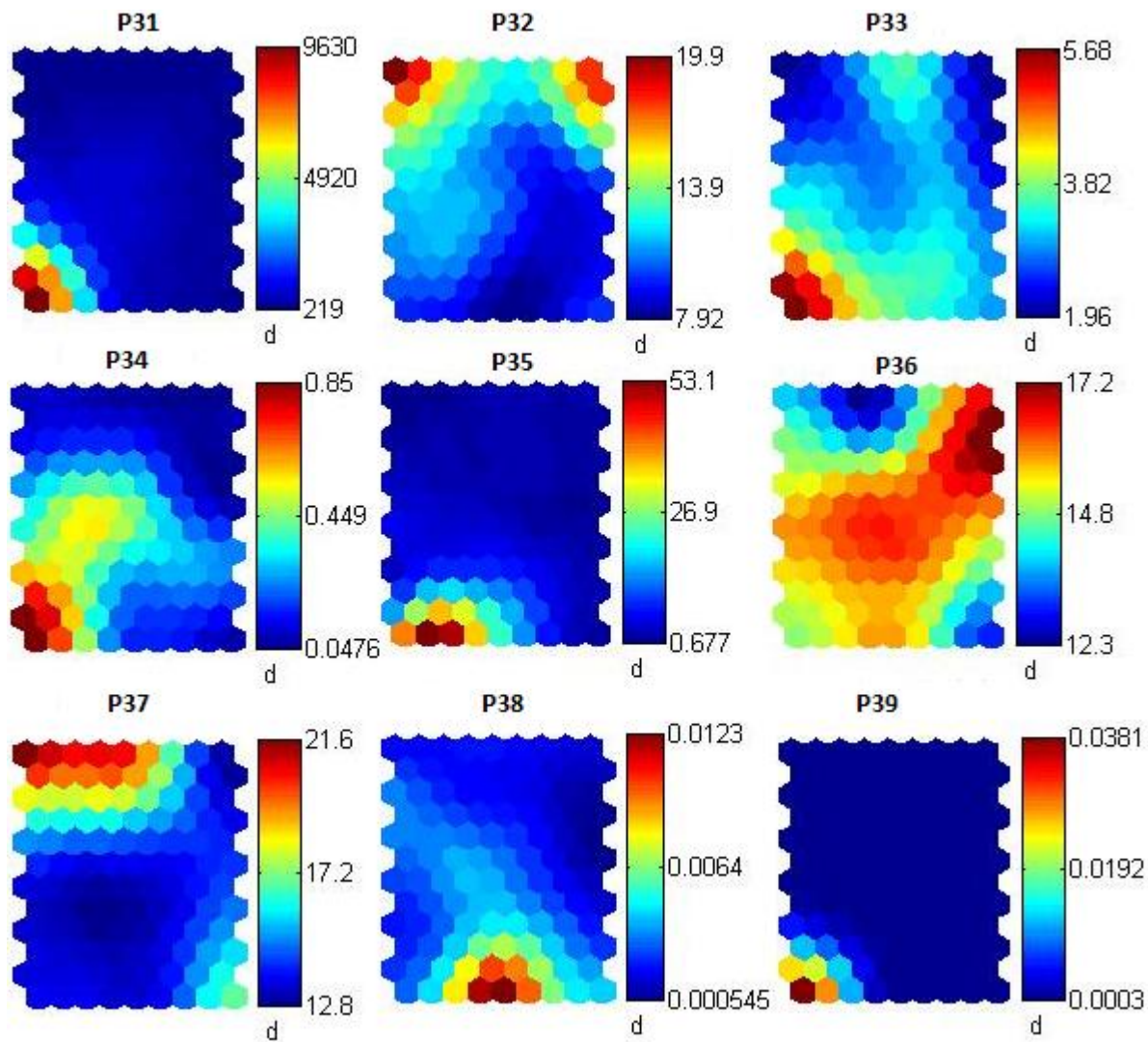


Obrázek 32: Parametry SOM pro sociální oblast, kde d je rozsah původních hodnot parametrů. Zdroj: [vlastní]

Příloha 8 – Parametry celkového udržitelného rozvoje SOM







Obrázek 33: Parametry SOM pro celkový udržitelný rozvoj, kde d je rozsah původních hodnot parametrů. Zdroj: [vlastní]

Příloha 9 – Zdrojový kód pro celkový model udržitelného rozvoje SOM

```
1 sData=som_read_data('DATA_VSECHNY_OBLASTI.dat') % načtení datového souboru
2 sData=som_normalize(sData,'var'); % normalizace dat
3 sMaps=som_lininit(sData,'msize',[12 9]); % zvolení lineární inicializace dat a obdelníkové mřížky se 108 neurony
4 sMaps=som_batchtrain(sMaps,sData,'gaussian','radius_ini',5,'radius_fin',2,'trainlen',10); % příkaz pro učení SOM pomocí dávkového algoritmu
5 sMaps=som_batchtrain(sMaps,sData,'gaussian','radius_ini',3,'radius_fin',1,'trainlen',20); % sadaný pro fázi uspořádávání a fázi doladování
6
7 figure(1)
8 som_show(sMaps,'comp',[1:4],'norm','d'); % vizualizace mapy pro jednotlivé parametry
9 figure(2)
10 som_show(sMaps,'comp',[5:8],'norm','d');
11 figure(3)
12 som_show(sMaps,'comp',[9:12],'norm','d');
13 figure(4)
14 som_show(sMaps,'comp',[13:16],'norm','d');
15 figure(5)
16 som_show(sMaps,'comp',[17:20],'norm','d');
17 figure(6)
18 som_show(sMaps,'comp',[21:24],'norm','d');
19 figure(7)
20 som_show(sMaps,'comp',[25:28],'norm','d');
21 figure(8)
22 som_show(sMaps,'comp',[29:32],'norm','d');
23 figure(9)
24 som_show(sMaps,'comp',[33:36],'norm','d');
25 figure(10)
26 som_show(sMaps,'comp',[37:39],'norm','d');
27
28 [c, p, err, ind] = kmeans_clusters(sMaps,[12]); % shlukování pomocí algoritmu k-means do nejvýše 12 shluků
29 plot(1:length(ind),ind,'x-'); % stanovení DB indexu
30 [dummy,i] = min(ind);
31
32 figure(11)
33 som_show(sMaps,'color',{p(i),sprintf('%d clusters',i)},'umat','all','norm','d'); % vizualizace rozdělení do shluků a vizualizace U-matice
34 bmus = som_bmus(sMaps, sData); % nalezení BMUs (best-matching units)
35 hit = hits(bmus);
36 [qe,te] = som_quality(sMaps,sData); % stanovení kvantizační a topografické chyby.
```

Obrázek 34: Zdrojový kód celkového modelu udržitelného rozvoje SOM. Zdroj: [vlastní]

Příloha 10 – Ukázka datového souboru s přiřazenými třídami pro ekonomickou, environmentální, sociální oblast a celkový udržitelný rozvoj

Tabulka 28: Ukázka datového souboru s přiřazenými třídami. Zdroj: [vlastní]

	P1	P2	...	P39	EKO ω_j	ENV ω_j	SOC ω_j	UR ω_j
O ₁	0.1939	0.9646	...	0	4	4	6	7
O ₂	0.1940	0.9646	...	0	4	1	6	3
O ₃	0.2148	0.9311	...	0	7	3	5	8
O ₄	0.2065	1.0921	...	0	1	6	5	4
...
O ₄₄₈	0.2115	0.9646	...	0	4	3	2	2
O ₄₄₉	0.1926	1.0921	...	0	1	5	5	4
O ₄₅₀	0.2007	0.9530	...	0	6	2	7	5
O ₄₅₁	0.1886	0.9530	...	0	4	6	7	6