

Vývoj a pilotní odzkoušení webové aplikace pro návrh scénářů budoucího vývoje

Vybrané výstupy kvalitativního modelování

Příloha 3 k dílčímu výstupu klíčové aktivity

Aktualizace strategického plánu se zapojením veřejnosti

projektu

PŘÍVĚTIVÝ INOVATIVNÍ ÚŘAD STRMILOV

(CZ.03.4.74/0.0/0.0/18_092/0014301)



spolufinancovaného Evropskou unií prostřednictvím Ministerstva práce a sociálních věcí.

Řešitelé:

doc. Dr. Ing. Jan Voráček, CSc., Katedra technických studií

Mgr. Martina Černá, PhD., Katedra sociální práce

Vysoká škola polytechnická Jihlava, leden 2022



MINISTERSTVO PRÁCE
A SOCIÁLNÍCH VĚCÍ



Evropská unie
Evropský sociální fond
Operační program Zaměstnanost

Úvod

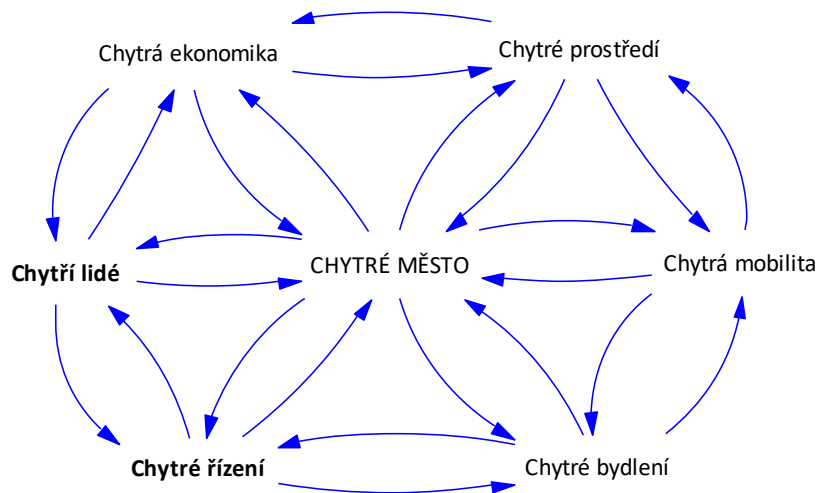
Termínem kvalitativní model se obvykle označuje heterogenní sada strukturovaných výstupů z analytické fáze. Jeho součástí mohou být například seznamy, tabulky, blokové diagramy nebo grafy. Vzhledem ke srozumitelnosti a přenositelnosti modelované problematiky je třeba, aby byl počet dílčích výstupů co nejmenší a zároveň měl vysokou informační hodnotu. V praxi to znamená, že musí vyčerpávajícím, avšak kompaktním a zároveň pokud možno minimalistickým způsobem vyjadřovat strukturu, funkčnost a stavy reprezentovaného systému. Proto jsou ve znalostním dynamickém modelování využívány na rozdíl od výše uvedených obecných technik spíše následující specifické nástroje:

- **Myšlenková mapa**, demonstrující rámcovou acyklickou strukturu a základní prvky zkoumaného systému
- **Nástroje terminologické unifikace a redukce**, slučující významově blízké entity z myšlenkové mapy a zjednodušují tak charakteristiku vstupního modelu zkoumaného systému
- **Obchodní/business model**, typicky v Osterwalderově notaci, zasazující řešenou problematiku do vnějšího kontextu a určující klíčové vnitřní kategorie kvantitativní i kvalitativní výkonnosti.
- **Systémový diagram**, vymezující hranice systému a zavádějící jeho základní vnitřní členění na relativně autonomní subsystémy s vlastními indikátory, propojené vzájemně omezeným počtem vazeb
- **Dynamické hypotézy** pro zvolené klíčové proměnné, navrhuující jejich předpokládaný časový vývoj
- **Příčinné smyčkové diagramy** (Causal-Loop Diagrams, CLD), syntetizující vnitřní dynamiku pomocí souhlasných (+) a opačných (-) bilaterálních vazeb, vytvářejících v rámci celého diagramu množství vzájemně provázaných uzavřených smyček s různou dobou průchodu. Ve vazebních proměnných pak dochází k netriviální interferenci jednotlivých funkčních cyklů. Pomocí vhodně navrženého CLD lze na kvalitativní úrovni potvrdit nebo vyvrátit úvodní hypotézy. Pro realizaci kvantitativních simulací, vycházejících z CLD se používá jazyk systémové dynamiky (SD), graficky vyjádřený pomocí diagramu zásob a toků (Stock and Flow Diagram, SFD). Ten je alternativní formou reprezentace soustavy odpovídajících obecně nelineárních diferencních rovnic, řešených po spuštění simulace vybranou numerickou metodou.

Bližší informace o kvalitativním modelování včetně ilustrativních příkladů jsou uvedeny v Příloze 1.

Vybrané diagramy

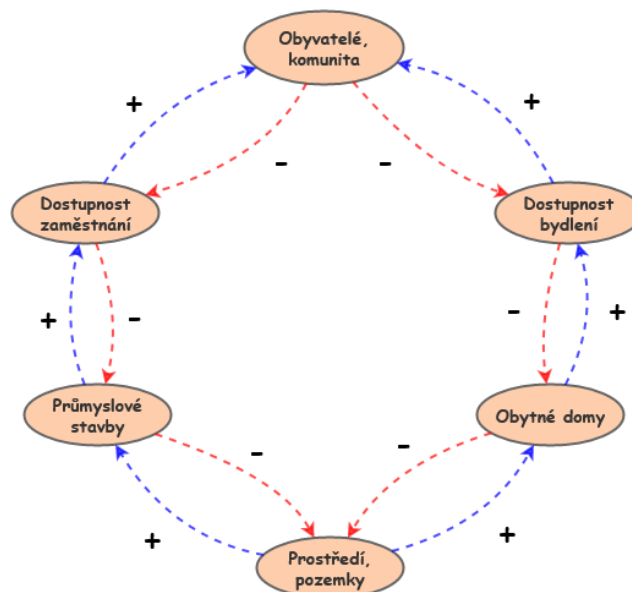
Základní **systemový diagram** konceptu chytrého města v sekvenční či dynamické notaci blízké CL diagramům je na následujícím obrázku.



Systemový diagram celkové dynamiky rozvoje chytrého města. Předmětem zájmu realizovaného výzkumu byly zejména sektory Chytré řízení (Smart Government) a Chytří lidé (Smart People).

Je zřejmé že jednotlivé "chytré" subsystémy mohou být vnitřně dále detailně členěné a také jejich vzájemné vazby se nemusí omezovat pouze na ty zobrazené. Snadno lze identifikovat jednotlivé smyčky, křížící se ve vybraných interních proměnných dílčích podsystémů, kde dochází k časové superpozici odpovídajících vstupů. Jejich výslednice pak může být parametrem, ovlivňujícím růst nebo úbytek hodnoty některého za systémových zdrojů (stock).

Na dalším obrázku je ukázán zjednodušený CL diagram udržitelného rozvoje chytrého města.



Charakteristické posilující a regulující vazby v CLD, rámcově modelující architekturu udržitelného rozvoje města.

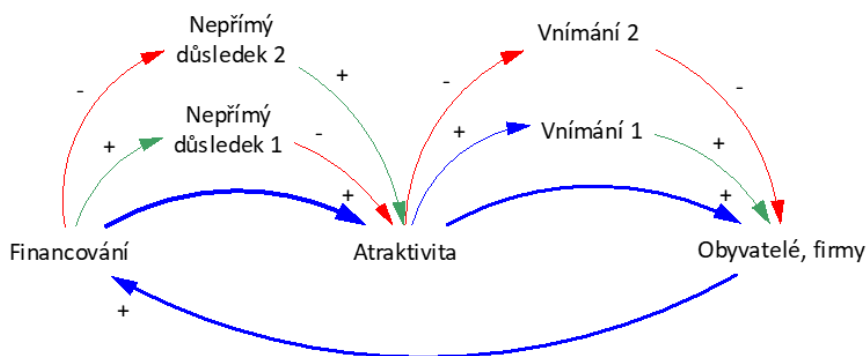
Na první pohled je v něm patrné několik typů smyček. Jsou to jednak rychlé/krátké regulační smyčky s rozdílnou polaritou mezi sousedními subsystemy, nebo naopak dlouhá smyčka, procházející všemi subsystemy. Obě omezují růst tak, aby respektoval kapacity dotčených zdrojů, reprezentované zde lidmi, byty, podniky a pozemky. V praxi ale nejsou nadměrné regulace příliš žádoucí, protože brzdí růst, pro který musí být tím pádem v modelu také prostor. Zde je vymezen dynamikou vždy trojice sousedících uzlů, kde v souladu s pravidly algebry vazeb působí každé dvě záporné vazby jako jedna vazba kladná.

Základní dynamickou filozofii vyvinutých modelů ilustruje následující obrázek.



Ryze růstový rámcový CL diagram městského rozvoje

Tento jednoduchý graf celkem logicky říká, že správné financování po nějakém čase zvyšuje atraktivitu a ta se opět po nějakém čase promítne do počtu místních obyvatel i firem. Ty celkem rychle začnou odvádět daně, stimulují další rozvoj. Jde tedy o hypotetickou, ryze růstovou strategii, která by v praxi určitě narážela například na omezené množství finančních prostředků, bytů, pozemků, vody nebo silnic, stejně tak jako na aspekty kvality životního prostředí, přelidněnosti nebo sociální struktury. Tuto situaci sice obecně, avšak již poněkud realističtější obrazuje tento diagram:

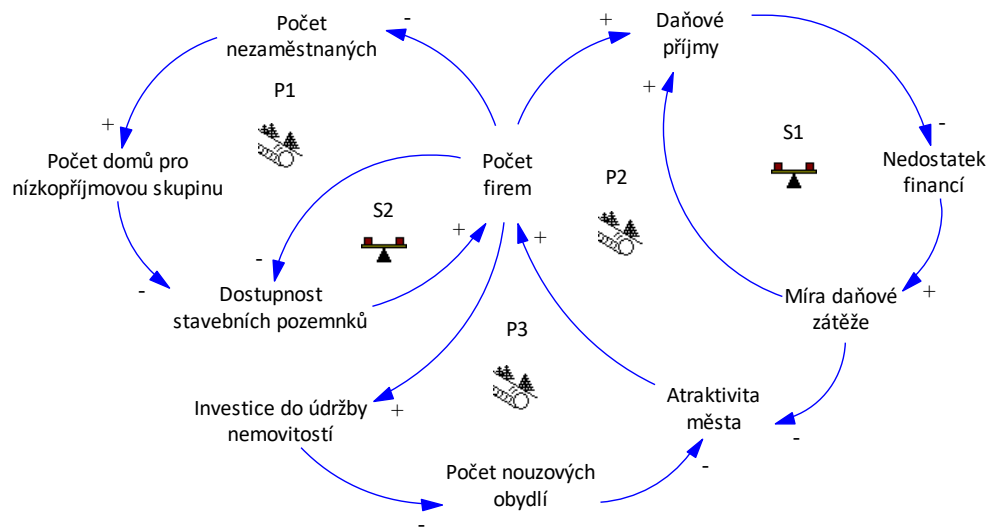


Rámcový CL diagram městského rozvoje s vnitřními omezeními

Zdůrazňuje, že zvolené finanční strategie nemusí působit pouze přímo na zvýšení míry místní atraktivity, ale mohou mít i řadu subjektivně vnímaných nepřímých důsledků, které mohou atraktivitu zvyšovat buď méně, než bylo původně zamýšleno, nebo ji dokonce snižovat. Velmi podobné je to i s vnímáním atraktivity, neboť to, co jeden považuje za pozitivní, může druhého odrazovat. Tím pádem nemusí být plánovaný počet potenciálních plátců na konci plánovacího období naplněn, což se projeví úbytkem v městské pokladně. Právě díky existenci těchto velmi subjektivních a časově proměnných postranních efektů je dobře znát aktuální názory občanů a harmonizovat s nimi městské investiční strategie.

Strmilovský participativní rozpočtový Model 3 vychází ze stejných principů, výpočetně implementovaných pomocí vztahů, popsanych buď na stránkách aplikace nebo v uživatelské příručce. Protože sada strmilovských modelů obsahuje i dvě SD realizace, které jsou navíc pokládány za v dlouhodobém horizontu perspektivní provozní platformu, je vhodné přiblížit i jejich kvalitativní modely.

Základní CL diagram cvičného Modelu 4 může mít například následující podobu:

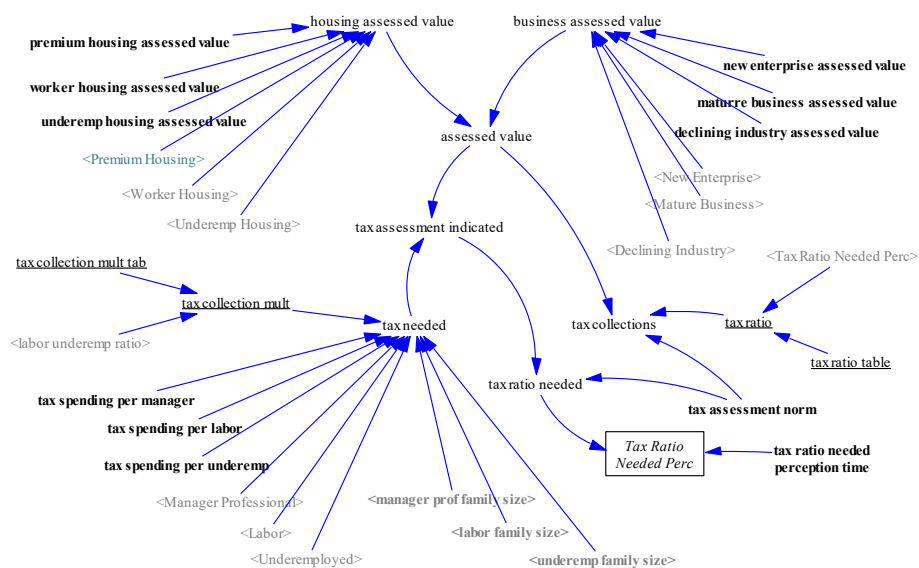


Rámcový CL diagram udržitelného rozvoje podnikání

Na rozdíl od předchozího obrázku jsou zde vyznačeny i základní dynamické smyčky v notaci R (posilující, tj. realizující kladnou zpětnou vazbu neboli efekt sněhové koule) a S (stabilizující na žádané hodnotě) s následujícím významem:

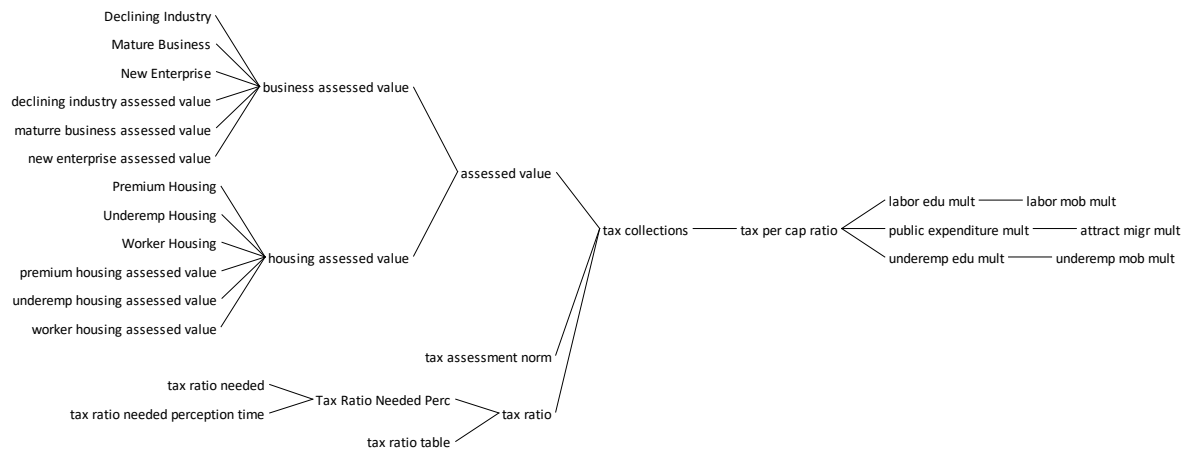
- P1: Růst nezaměstnanosti
- P2: Růst počtu pracovních míst
- P3: Růst počtu nouzových obydlí
- S1: Omezení dostupnými financemi
- S2: Omezení dostupnými pozemky

Jde samozřejmě o značné zjednodušení, tzv. Level 0 diagram, od kterého se obvykle začíná při návrhu kompletní funkčnosti. Ta se obvykle dovádí na úroveň finální terminologické sady, získané v předchozích modelovacích krocích. Ukázka naprogramování finální struktury v oblasti daňových příjmů (Tax collections) jazykem SD (SFD) v prostředí Vensim je na následujícím obrázku.



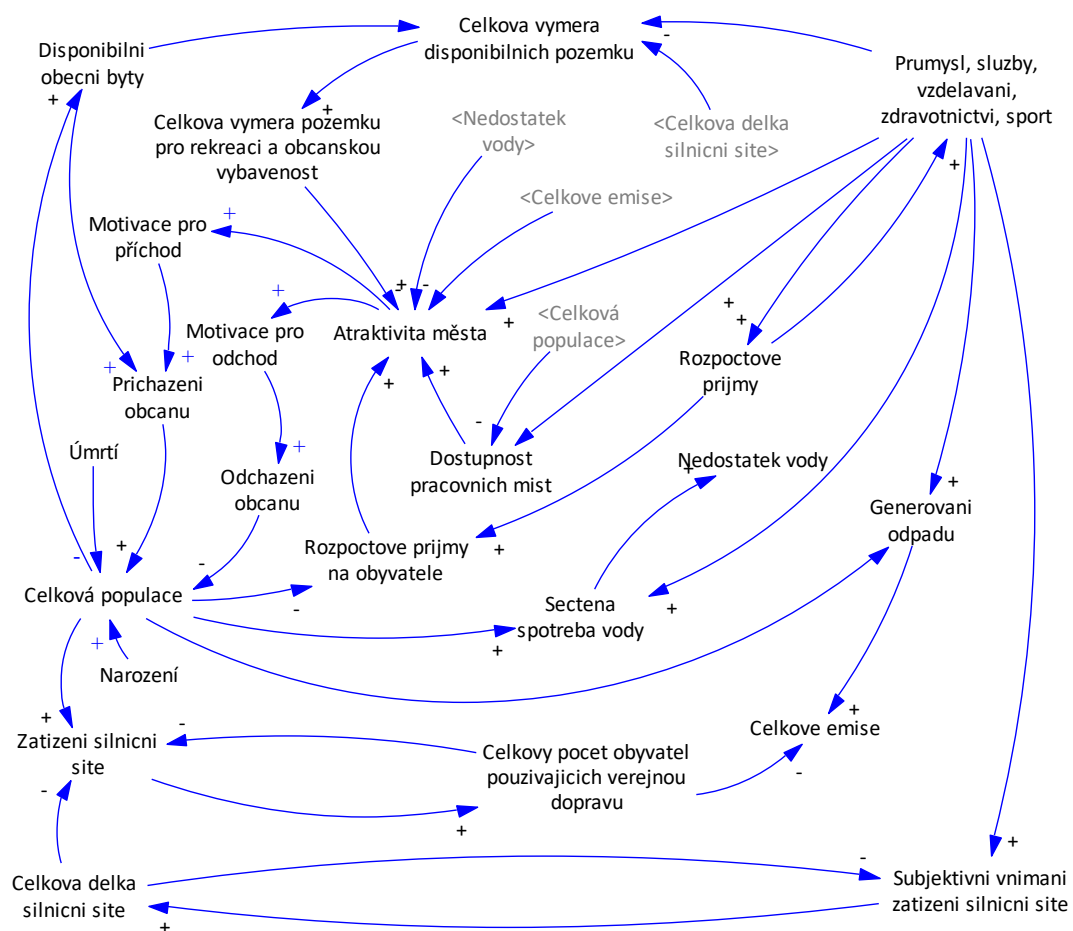
Implementace příjmové části Modelu 4 jazykem SD

Výhodou zpracování diagramů pomocí odpovídajících SW nástrojů je kromě spouštění a realizace různých typů experimentů také možnost strukturních analýz zdrojových modelů. Následující obrázek ukazuje tuto možnost pro dvě příčinné a dvě důsledkové úrovně příjmové části městského rozpočtu.



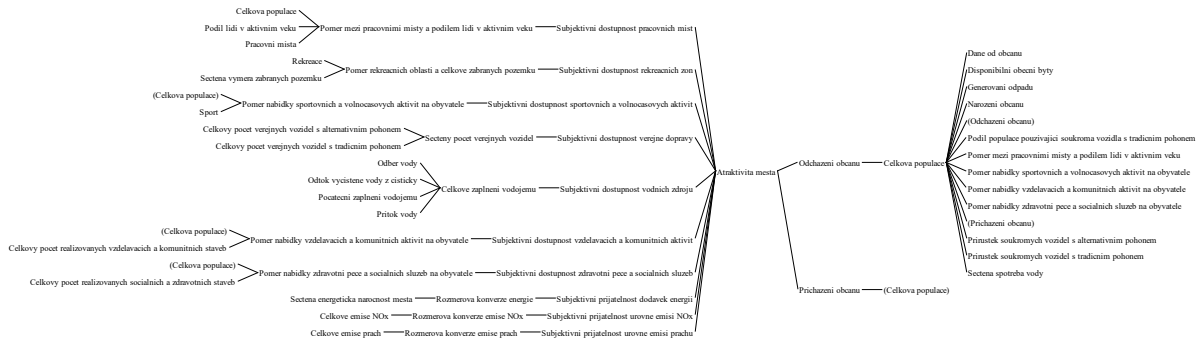
Ukázka rozvoje dvou příčinných a dvou důsledkových úrovní SFD příjmové části Modelu 4

Nejvyšší úroveň CL (příčinného smyčkového) diagramu konfigurovatelného modelu všeobecně udržitelného rozvoje (Model 5) má následující podobu:



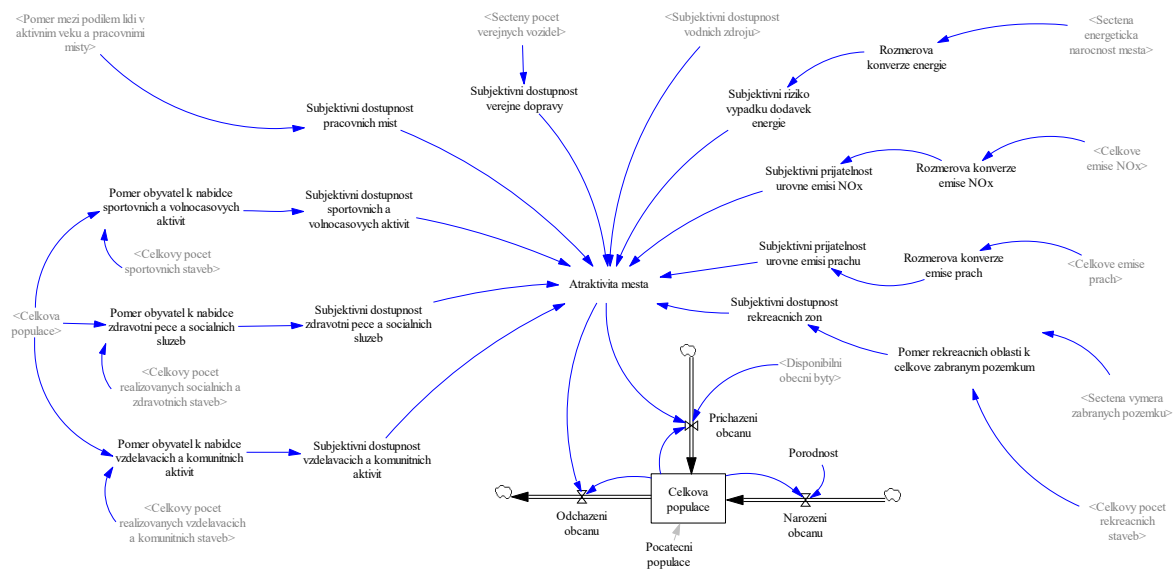
Rámcový CL diagram všeobecně udržitelného rozvoje

Atraktivita města je zde formována spolupůsobením 18 smyček a jejich počet ve finální implementace se pohybuje v řádu tisíců. Kalibrace a validace takto rozvětveného modelu není jednoduchá a vyžaduje úzkou součinnost s doménovými odborníky, kteří jediní jsou schopni stanovit co nejužší pracovní rozsahy vnitřních parametrů. Následující obrázek, který by měl být po zvětšení normálně čitelný, ilustruje rozvoj čtyř příčinných a čtyř důsledkových úrovní městské atraktivity.



Ukázka rozvoje čtyř příčinných a čtyř důsledkových úrovní SFD městské atraktivity Modelu 5

Pro úplnost přidáváme také výpočetní reprezentaci vazby mezi atraktivitou a počtem obyvatel v jazyce SD



Implementace sektoru městské atraktivity a populace Modelu 5 jazykem SD