

Manuál

URBAN NETWORK ANALYST

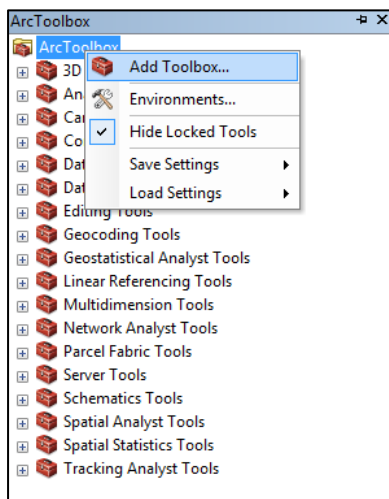
(příloha č. 1)

1	INSTALACE.....	4
2	NÁSTROJE PRO VÝPOČET CENTRALITY.....	5
2.1	VSTUPNÍ NÁSTROJE	6
2.1.1	Vstupní budovy (body nebo polygony).....	6
2.1.2	Sítový dataset (network dataset).....	6
2.2	VÝBĚR ANALÝZY	6
2.2.1	Dosažitelnost (Reach)	7
2.2.2	Přitažlivost (Gravity).....	8
2.2.3	Spojitosť (Betweenness).....	8
2.2.4	Blízkost (Closeness).....	9
2.2.5	Přímost (Straightness)	9
2.3	NÁZEV ID ATRIBUTU BUDOVY	10
2.4	VÁHY BUDOV	10
2.5	ATRIBUT IMPEDANCE.....	10
2.6	PROHLEDÁVANÝ POLOMĚR	11
2.7	TYP RÁDIUSU	11
2.8	HODNOTA BETA – β	13
2.9	„ACCUMULATORS“.....	13
2.10	NORMALIZOVANÉ VÝSLEDKY	13
2.11	NÁSTROJE VÝSTUPU	14
2.11.1	Umístěn výstupu.....	14
2.11.2	Název výstupního souboru	14
3	NÁSTROJE REDUNDANCE	15
3.1	INDEX REDUNDANCE A ZÁLOŽNÍ CESTY	15
3.2	VSTUP.....	16
3.2.1	VSTUPNÍ SÍŤ	16
3.2.2	VSTUPNÍ BODY.....	16
3.2.3	PŮVODNÍ POLE (nechte prázdné pro všechny body).....	17
3.2.4	CÍLOVÉ POLE (nechte prázdné pro všechny body)	17
3.2.5	VÁHY BUDOV	17

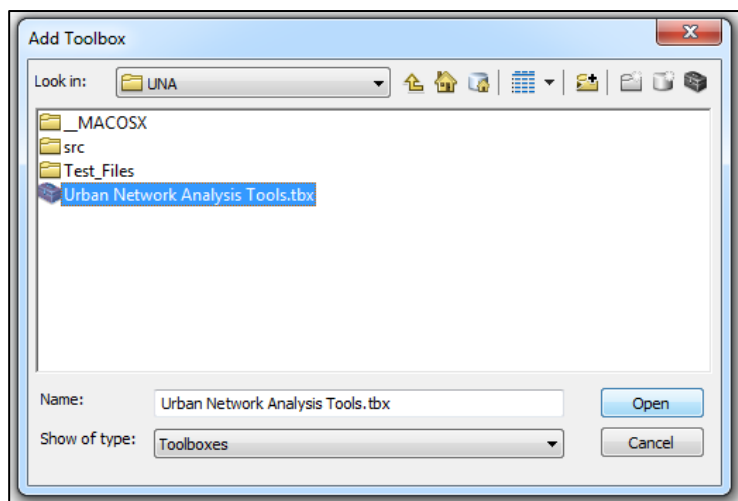
3.2.6	KOEFICIENT REDUNDANCE	17
3.2.7	PROHLEDÁVANÝ POLOMĚR (nechte prázdné pro všechny body).....	17
3.2.8	VÝSTUPNÍ ADRESÁŘ	18
3.2.9	NÁZEV VÝSTUPNÍ „FEATURE CLASS“	18
3.2.10	VIZUALIZACE (pouze pro „Redundant Path tool“)	18
4	ZDROJE	19

1 INSTALACE

Pro instalaci Urban Network Analyst toolboxu (dále jen UNA) nejprve otevřeme ArcMap verze 10.0, 10.1 popřípadě 10.2. Následně v Arc Toolbox zvolíme možnost přidat toolbox „Add Toolbox“ a vyhledáme samotný stažený soubor, tam kde jsme si jej při stáhnutí uložili a zvolíme možnost otevřít „Open“. (Obrázek 1 a 2)

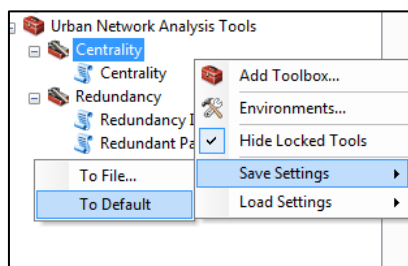


Obr. č. 1: Přidání toolboxu
(zdroj: Autor, 2014)



Obr. č. 2: Přidání UNA toolboxu
(zdroj: Autor, 2014)

V případě úspěšného přidání toolboxu by se měl objevit v seznamu „Arc Toolbox“. (Obrázek 3). Pokud je potřeba, z důvodu častějšího využití tohoto toolboxu, aby se zobrazoval při každém spuštění ArcMapu, je potřeba kliknout pravým tlačítkem myši do panelu nástrojů. Zvolíme uložit nastavení „Save Settings“ a následně výchozí „To Default“.



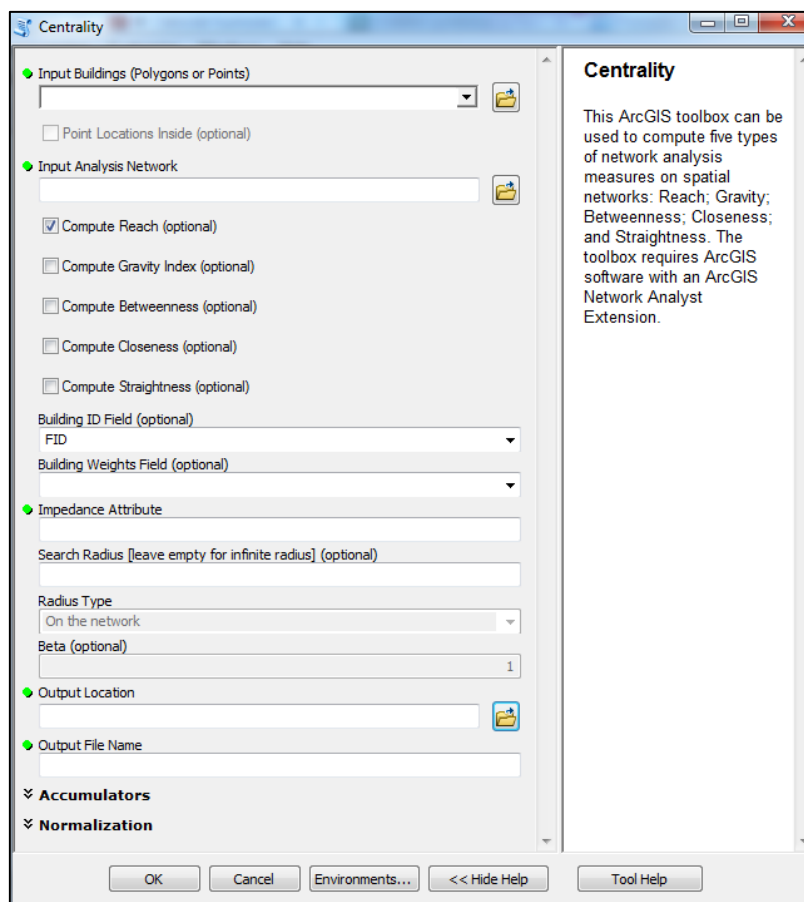
Obr. č. 3: Výchozí nastavení
(zdroj: Autor, 2014)

Součástí stáhnutého souboru jsou testovací data pro vyzkoušení práce s UNA. Tento datový balíček obsahuje uliční síť města Cambridge and Somerville, navíc obsahuje shapefile křižovatek, pokud bychom chtěli testovat nástroje pro uzly a hrany (bez budov), a také bodový a polygonový shapefile budov v daném městě.

2 NÁSTROJE PRO VÝPOČET CENTRALITY

Nástroje pro výpočet centrality (UNA – Sevtsuk & Mekonnen, 2012) slouží především pro výpočet 5 základních typů síťových analýz, které jsou založené na prostorové síti a to: dosažitelnost, přitažlivost, spojitost, dále blízkost a příměst. Nástroj je určen především pro městské architekty, pracovníky v územním plánování, popřípadě prostorovým analytikům, kteří se zajímají o prostorové uspořádání měst, nebo příbuzné sociální, ekonomické a ekologické studie a procesy.

Na rozdíl od topologických síťových analytických nástrojů, kde mají geometrické vztahy mezi jednotlivými prvky velmi malý význam, tak analýzy prostorových sítí jsou založeny především na zvážení vzdáleností a úhlů mezi danými místy. UNA nástroje zahrnují tři důležité prvky, které jsou vhodné pro analýzu prostorové sítě. Za prvé bere v úvahu geometrii a topologii vstupní sítě pomocí metrických vzdáleností (např. metrů), popřípadě topologické vzdálenosti (např. možnosti zatažení). Za druhé na rozdíl od předchozích analytických nástrojů, které jsou založeny na práci se dvěma prvky sítě (uzly a hrany), UNA využívá třetí typ síťových prvků – budovy, které se používají jako prostorové jednotky. Dvě sousední budovy na stejné ulici tak můžou získat různé výsledky. A za třetí, UNA nástroje mohou „vážit“ budovy na základně zvláštních vlastností – například většího objemu. Příkladem mohou být budovy, ve kterých bydlí větší počet lidí, jsou důležitější, a tudíž budou mít silnější dopad na výsledky.



Obr. č. 4: Grafické uživatelské rozhraní pro výpočet centrality (zdroj: Autor, 2014)

2.1 VSTUPNÍ NÁSTROJE

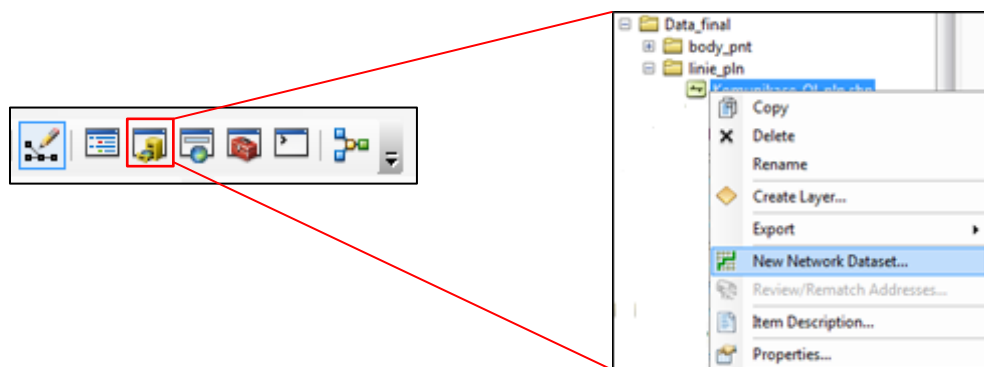
2.1.1 Vstupní budovy (body nebo polygony)

Jedním ze způsobů, jak vyjádřit umístění budovy je využít polygonový shapefile, popřípadě shapefile bodový (obvykle vyjadřuje jednotlivé vchody budov, popřípadě jsou vytvořeny centroidy jednotlivých budov). Tyto budovy jsou využívány jako uzly grafu, na kterou využíváme analýzu prostorové sítě. V případě, že použijeme polygony jako vstupy, musíme vlastnit licenci ArcInfo, ta je požadována pro provedení samotného výpočtu. Licence není vyžadována v případě, že využijeme body jako vstupy.

V případě, že jako vstup využíváme polygony, tak předpokládáme, že každá budova se připojí k dané ulici na základě nejkratší kolmé vzdálenosti k samotnému centroidu dané budovy. V tomto případě můžeme pro převedení polygonů na body vyjadřující jejich středy (centroidy) využít nástroj „*Feature to Points (Data Management tool)*“. V případě že se jedná o budovu s více vchody z různých ulic, může uživatel stanovit více vstupních bodů vyjadřující jednotlivé vchody. Dojde k vydělení celkové použité váhy daného atributu výsledným počtem vstupních bodů spadající do dané budovy.

2.1.2 Síťový dataset (network dataset)

Základní krokem pro jakékoli síťové analýzy v prostředí ArcGIS je tvorba síťového datasetu (Network Dataset - ND). Síťový dataset je tvořen uliční sítí, v nichž se nacházejí budovy. V případě, že nemáme network dataset uliční sítě k dispozici, můžeme jej snadno vytvořit z dostupných souborů s koncovkou *.shp, *.dwg, *.dxf. Tvorbu ND můžeme provést pomocí ArcMap, nebo ArcCatalogue v prostředí ArcGIS verze 10.0 a vyšší. Následně z liniového souboru, který obsahuje příslušný síťový atribut, kliknutím pravým tlačítkem myši, vytvoříme nový síťový dataset (Network dataset). (Obrázek 5)



Obr. č. 5: Vytvoření síťového datasetu pomocí ArcCatalogu
(zdroj: Autor, 2014)

2.2 VÝBĚR ANALÝZY

Každý uživatel si může libovolně zvolit, které z 5 analýz budou vypočteny pomocí zaškrtnutí jednotlivých políček pro: dosažitelnost, přitažlivost, spojitost, dále blízkost a přímost. Jednotlivé typy analýz jsou popsány níže.

2.2.1 Dosažitelnost (Reach)

Při výpočtu dosažitelnosti (Sevtsuk, 2010) je řešeno, kolik okolních budov spadá do stanoveného okruhu v prohledávané prostorové síti. Okruh dosažitelnosti $R^r[i]$ budov i v diagramu G zjistí počet dalších budov v diagramu G , které jsou dosažitelné z bodu i na základě nejkratší vzdálenosti z maximálně stanoveného r .

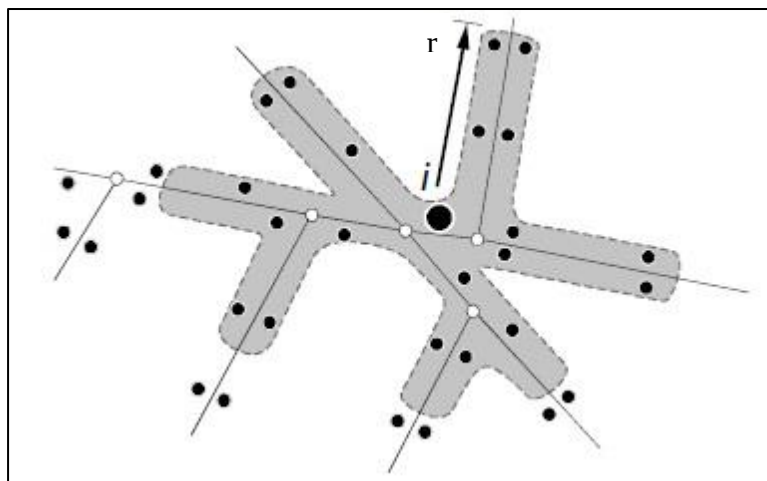
Vztah je definován následovně:

$$R^r[i] = |\{j \in G - \{i\} : d[i, j] \leq r\}|$$

kde $d[i, j]$ je nejkratší vzdálenost mezi uzly i a j v diagramu G a $|S|$ vyjadřuje mohutnost množiny S . Jestli, že dané uzly v diagramu G jsou vážené, pak je dosažitelnost definována na základě vztahu:

$$Reach[i]^r = \sum_{j \in G - \{i\}, d[i, j] \leq r} W[j]$$

kde $W[j]$ je váha uzlu j . V obrázku 6 je vykreslen způsob, jak je vypočítáván index dosažitelnosti. Obalové zóny jsou sledovány pro všechny budovy i a to v každém směru uliční sítě až po stanovený limitní poloměr r . Index dosažitelnosti odpovídá počtu míst (reprezentované menšími černými body), které se nacházejí v dosahu dané uliční sítě.



Obr. č. 6: Schéma pro výpočet dosažitelnosti
(zdroj: Sevtsuk & Mekonnen, 2012)

Dosažitelnost může být vypočtena na základě měření přístupu k jakémukoli místu. Aby se dalo co jednoduše vypočítat, kolik dalších budov spadá do daného okruhu stanoveného poloměru lze použít vyhledávací název atributu určitého uzlu, jehož váha může mít prázdné vstupní pole, tudíž ve výsledku bude vrácen pouze počet cílových budov spadajících do daného okruhu. Jako atribut však nemusí vždy být stanovená pouze velikost, uživatel může například stanovit atribut váhy jako objem daných budov (objem vyjádřen například jako počet lidí žijících v dané budově). V případě, že chceme

zachytit dosažitelnost k určité činnosti, popřípadě k půdě, použijeme jako váhu atributu okolních budov například počet pracovních míst, počet obyvatel nebo obchodních zařízení.

2.2.2 Přitažlivost (Gravity)

Vzhledem k tomu, že dosažitelnost se jednoduše spočítá, jako počet míst kolem každé budovy spadající do hledaného okruhu (volitelný atribut váhy). Míra přitažlivosti je navíc ovlivněna faktory prostorové impedance, která je potřebná k cestě do všech míst určení. Podle Hansena (1959), index přitažlivosti zůstává jednou z nejpobulárnějších prostorových opatření k usnadnění výzkumu dopravy. Při výpočtu přitažlivosti se předpokládá, že dostupnost budovy i je přímo úměrná přitažlivosti (váze) daného místa j v okolí i a nepřímo úměrná vzdálenosti mezi i a j :

$$Gravity [i]^r = \sum_{j \in G - \{i\}, d[i,j] \leq r} \frac{W[j]}{e^{\beta * d[i,j]}}$$

kde $Gravity [i]^r$ je index přitažlivosti k budově i v diagramu G v hledaném poloměru r (určen na základě pole vyhledávacího poloměru). $W[j]$ je váha daného místa j , $d[i,j]$ je geodetická vzdálenost mezi budovami i, j a β je exponent upravující vliv chyby (úpadku) z důvodu vzdálenosti. Index přitažlivosti zachycuje samotnou přitažlivost daného místa ($W[j]$), stejně jako prostorovou impedanci potřebnou k dosažení určitého místa ($d[i,j]$), kombinovanou s měřením dostupnosti. Pokud není dostupný žádný atribut váhy uzlu, pak je váha každé cílové budovy stanovena jako „1“.

Inverzní účinek dané vzdálenosti v indexu přitažlivosti klesá exponenciálně. Přesný tvar pro vzdálenost lze kontrolovat pomocí exponentu β , popřípadě pomocí vstupního pole níže. Exponent β a odpovídající tvar vzdálenosti by měly být stanoveny od předpokládaného způsobu cestování například – pro pěší měřené v „minutách“. V případě, že není zadán žádný vstup pro exponent β , pro vytvoření výstupu je automaticky použita hodnota „0“ a počítá se s předpokladem, že zde není žádná chyba (úpadek) ve vzdálenosti.

2.2.3 Spojitost (Betweenness)

Spojitosť budovy je definována jako podíl nejkratší cesty mezi páry dalších budov v prostorové síti kolem dané budovy i . Je-li více než jedna možnost nejkratší cesty nacházející se mezi dvěma uzly, jak je tomu například v pravoúhlé struktuře (mřížce) ulic, pak každé z ekvidistantních (stejno délkových) cest je přidělena stejná váha tak, že se jedná o sumu vah jednotlivých. Výpočet spojitosti je definován takto:

$$Betweenness [i]^r = \sum_{j,k \in G - \{i\}, d[j,k] \leq r} \frac{n_{jk}[i]}{n_{jk}} * W[j]$$

kde *Betweenness* $[i]^r$ je spojitost budovy i v hledaném okruhu o poloměru r (určen na základě pole vyhledávacího poloměru); $n_{jk}[i]$ je počet nejkratších cest z uzlu j do uzlu k , které projdou budovou i ; a n_{jk} je celkový počet nejkratších cest z uzlu j do uzlu k . Spojitost pro budovu i je vypočítávána na základě zvážení všech párů budov j,k které jsou v okruhu r od sebe. Nejedná se o výpočet, kde by došlo k výpočtu všech dvojic budov, které se nacházejí v okruhu o poloměru r od budovy i . A to především proto, že nepovažujeme za možné žádné cesty mezi budovami, které jsou delší než r od sebe. Pokud víme, že pár budov j,k je v rámci okruhu r od sebe a že nejkratší cesta z uzlu j do uzlu k (popřípadě z k do j) prochází budovou i , pak oba uzly j i k jsou taky do rozhodně do vzdálenosti okruhu r od budovy i .

Výpočet spojitosti se využívá především k odhadu potenciálu kolemjdoucích vzhledem k různým budovám v dané prostorové síti (využití například v demografii).

2.2.4 Blížkost (Closeness)

Blížkost vypočítávána ze vstupních budov, je definována jako inverzní funkce vzhledem k rostoucí vzdálenosti, která je potřebná k dosažitelnosti dané budovy od všech ostatních budov v dané síti, které spadají do okruhu stanoveného poloměru na základě nejkratší cesty (Sabadussi, 1966). Na základě výpočtu spojitosti můžeme stanovit potencionální provoz kolem dané budovy. Výpočet pro blízkost ukazuje na to, jak blízko jsou budovy od ostatních okolních budov na základě vzdálenostního prahu. V případě, že není k dispozici velikost prohledávaného okruhu, pak je index blízkosti vypočítáván pro všechny ostatní vstupní budovy v dané síti. Výpočet blízkosti je definován takto:

$$Closeness [i]^r = \frac{1}{\sum_{j,k \in G - \{i\}, d[j,k] \leq r} (d[i,j] * W[j])}$$

kde *Closeness* $[i]^r$ je spojitost budovy i v prohledávaném okruhu r (určen na základě pole vyhledávacího poloměru), $d[i,j]$ je nejkratší vzdálenost mezi uzly i a j a $W[j]$ je váha cílové budovy j .

2.2.5 Přímost (Straightness)

Metrika přímosti (Vragovic, Louis, et al., 2005) vyjadřuje, do jaké míry dané nejkratší cesty z uzlu zájmu do všech ostatních uzlů připomínají euklidovské cesty. Jinak řečeno, metrika přímosti zachycuje kladné odchylky v cestovní vzdálenosti, které vyplývají z proporcí dané uliční sítě oproti lineární vzdálenosti na beztvare rovině. Přímost je formálně definována (Porta, Crucitti et al., 2005) jako:

$$Straightness [i]^r = \sum_{j,k \in G - \{i\}, d[j,k] \leq r} \frac{\delta[i,j]}{d[i,j]} * W[j]$$

kde *Straightness* $[i]^r$ je příměst budovy i v stanoveném okruhu r , $\delta[i,j]$ je euklidovská vzdálenost mezi budovami i a j , $d[i,j]$ je nejkratší síťová (uliční) vzdálenost mezi stejnými budovami. Index přímosti v podstatě vyjadřuje jak dlouhé je cestovní spojení z každé budovy na okolní body j . Tudiž je důležité si uvědomit, že index přímosti by měl být použit pouze v případě, že je atribut impedance v podobě lineární vzdálenosti.

2.3 NÁZEV ID ATRIBUTU BUDOVY

Toto je název atributu, který je použit k rozlišení mezi budovami (názvy vstupních budov). Název ID budovy musí mít datový typ „integer“. Uživatel může zvolit libovolný sloupec, který má datový typ integer v daném shapefilu a výsledky analýzy jsou vráceny na základě zvoleného sloupce ID budov. Není-li vybráno žádné konkrétní ID, používá se z hlediska výchozích nastavení pole FID.

2.4 VÁHY BUDOV

Tento vstup umožňuje uživateli zvolit sloupec obsahující atribut, který existuje v daném shapefilu a tyto vstupní body jsou využity jako váhy $W[j]$ v analýze. Váhu vstupní budovy lze popsat jako jakoukoliv smysluplnou číselnou charakteristiku budovy jako například velikost budovy, počet bytů, popřípadě přítomnost podniků a další. Když jsou váhy pro analýzu vybrány, následně jsou výsledky vráceny ve vážené podobě podle vybraného atributu. Je-li jako váha zvolen atribut počtu zaměstnanců v každé budově pro výpočet dosažitelnosti, například může výsledek vyjadřovat celkový počet zaměstnanců, který je dosažitelný v prohledávaném okruhu kolem každé z budov v dané síti.

2.5 ATRIBUT IMPEDANCE

Zvolený výběr atributu impedance označuje, která impedanční charakteristika přidružená k dané vstupní síti se bude používat ve všech výpočtech k omezení sítě o velikosti r a nejkratší cesty daného výpočtu. Výchozí hodnota „Length“ je nastavena jako lineární vzdálenost atributu impedance tak, aby prohledávaný poloměr a nejkratší cesta výpočtu používali lineární vzdálenost (např. v metrech) jako faktor impedance. Jsou-li „Turns“ použity jako atribut impedance, pak jsou tyto poloměry limitovány počtem otáček, které jsou potřebné k dosažení cíle, nikoliv vzdálenosti.

Výběr dostupných atributů impedance, které jsou vázány na analýzu vstupní sítě – musí však být pevně zakódovány do sítě. Následující kroky v obrázku 7 popisují, jak pevně je zakódovaný „součet Turns a součet Junctions“, jako atribut impedance v datové síti.

- A. Open (or create a new) network dataset (ND) in ArcCatalog
- B. Right-Click the ND file → Properties → Attributes → Add (when creating a new ND, the default settings will automatically generate a length attribute)
- C. Make the newly added attribute a Cost Attribute / Unknown Units / Integer
- D. Go to the Evaluators tab → Default Values
- E. Go to Element "Turn" / Type "VB Script" / Default → Click Evaluator Properties
- F. Enter the following VB script:

```
turnscount = 0
a = Turn.Angle
If a >= 20 And a <= 340 Then
    turnscount = 1
Else
    turnscount = 0 End If
Value= turnscount
```

Obr. č. 7: Kroky popisující „hard-coded“ v dané síti
(zdroj: Sevtsuk & Mekonnen, 2012)

Tento skript (znázorněný v obrázku 7 dole) bude počítat každou změnu směru, která je větší než 20 stupňů a označí ji jako „Turns“. Pro počítání křižovatek přidáme další atribut a výchozí hodnotu, klikneme na „Junctions“, kde výchozí hodnota se rovná 1. Na tomto základě bude počítáno s hodnotou 1, která umožňuje udržet hodnotitelům přehled, o kolik křižovatek došlo k překročení u každé z vypočtených cest.

2.6 PROHLEDÁVANÝ POLOMĚR

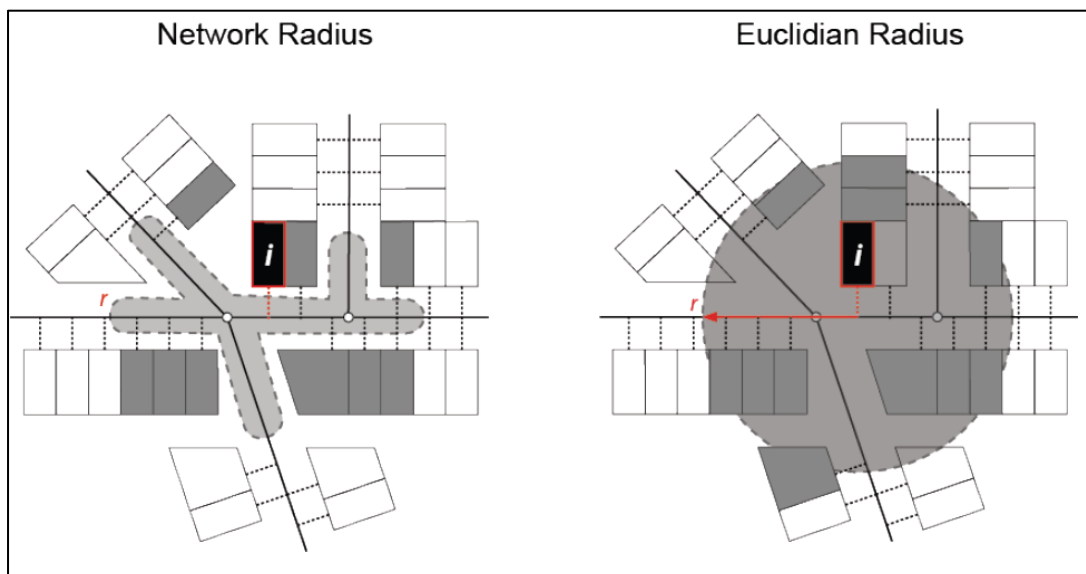
Vstupní prohledávaný poloměr je definován jako poloměr obalové zóny používané pro výpočet dané analýzy. Pro každou vstupní budovu platí, že nejkratší vzdálenost v dané síti musí být menší než stanovený poloměr, který je používán v dané analýze. Pokud uživatel nestanoví žádný prohledávací poloměr, ve výpočtu se využije výchozí poloměr, u kterého dojde k dosažení všech částí daného diagramu. Všimněte si, že jednotky používané v poloměru jsou stejné jako jednotky atributu impedance v datové síti: je-li atribut impedance v metrech, prohledávaný poloměr je také v metrech a další.

2.7 TYP RÁDIUSU

Typ radiusu můžeme chápat jako typ proměnné, která nám umožňuje zvolit, zda budovy, popřípadě body jsou vybírány pro analýzy na základě zadání síťové vzdálenosti nebo euklidovské vzdálenosti od každé jednotky analýzy. Všimněte si, že tato možnost ovlivňuje pouze to, které sousední prvky budou vybrány pro analýzu; toto však nemá žádný vliv na výpočty tras v analýze. Všechny trasy mezi pozorovanými prvky jsou stále vypočítávány na základě síťových tras, ale možnost typu radiusu navíc umožňuje uvažovat nad sousedy, kteří jich spadají mimo poloměr dané sítě. Vzhledem k tomu, že geometrie a topologie sítě se liší často kolem každého domu, tak je tato možnost používána k vyrovnání prostorových výběrů sousedů kolem každého domu.

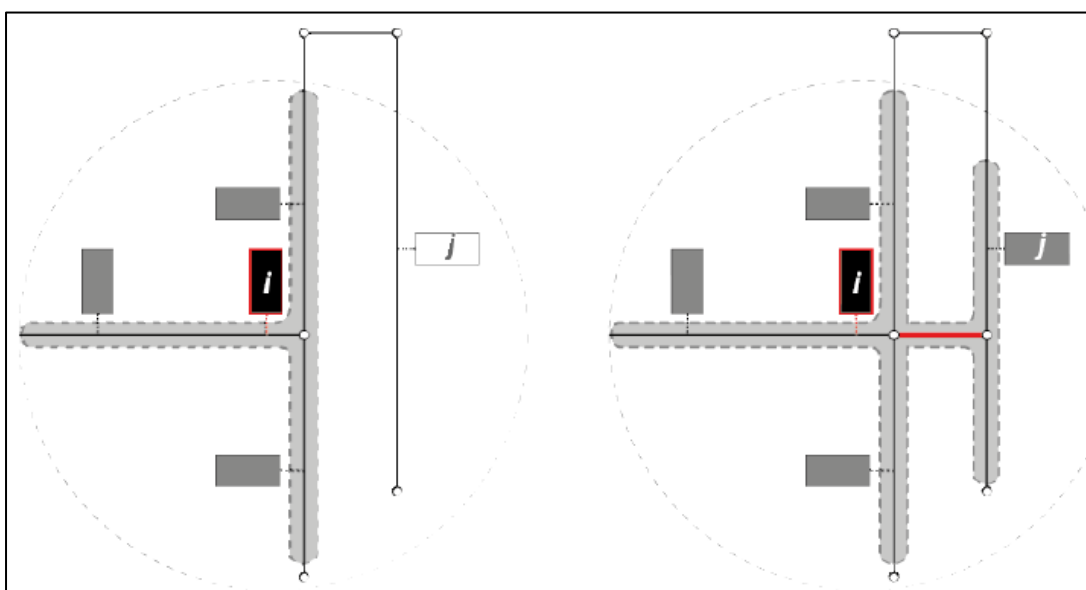
Tato možnost je k dispozici pouze v případě, že se rozhodneme použít vlastně zvolený poloměr. Stejně jako u výchozího typu radiusu, euklidovský typ radiusu předpokládá, že střed poloměru je stanoven na základě přesného místa v síti. Kruhový poloměr r , který

pochází z tohoto umístění v síti a zároveň všechny ostatní budovy, jejichž síťové umístění spadá do stanoveného kruhu, jsou využity jako sousedé pro analýzu. (Obrázek 8)



Obr. č. 8: Síťový typ (vlevo) – Euklidovský typ (vpravo)
(zdroj: Sevtsuk & Mekonnen, 2012)

Kde je to využitelné? V případě hypotetické situace například pro měření přímosti (straightness). Budova *i* na obrázku 12 má čtyři sousední budovy kolem ní, ale pouze jedna budova - *j* - nemá žádné pouliční spojení ve stanoveném okruhu zadané sítě. Pokud odhadujeme přímost pomocí síťového (network) radiu, pak tato budova *j* nijak neovlivní výsledek analýzy. Ale představte si, že dojde k postavení nové ulice, která stanoví kratší spojení budovy *i* s budovou *j*. Paradoxně může dojít k jevu, kdy se zrychlí spojení s budovou *j*, což však může snížit hodnotu přímosti. Použití euklidovského typu nám umožňuje vyhodnotit usnadnění přístupu k budově na základě změny rozložení uliční sítě za předpokladu, že zachováme konstantní počet a umístění budov.



Obr. č. 9: Odhadování přímosti pomocí síťového typu (vlevo) – Euklidovský typ (vpravo)
(zdroj: Sevtsuk & Mekonnen, 2012)

2.8 HODNOTA BETA – β

β se využívá pouze při výpočtu indexu přitažlivosti. Inverzní účinek vzdálenosti při výpočtu indexu přitažlivosti klesá exponenciálně. β a odpovídající tvar chyby vzdálenosti by měl být odvozen od předpokládaného způsobu cestování – například pro pěší dostupnost „v minutách“. Vědci zjistili, že ekvivalentní hodnota Bety pro impedanční jednotky v „metrech“ je 0,00217; a v kilometrech 2,175. Hodnota β musí být v rozsahu od „0“ do „1“. V případě, že uživatel neurčí žádnou hodnotu β , je automaticky použita výchozí hodnota 0.

2.9 „ACCUMULATORS“

„Accumulators“ umožňuje, aby atributy cestovních nákladů byly dostupné v network datasetu pro vyjádření (ilustraci) celkového součtu atributů, které byly použity pro splnění všech okolních cílových budov. Výsledek atributu „Length“ může zahrnovat všechny individuální nejkratší cesty potřebné k dosažení okolních destinací (cílové budovy). Výsledek atributu „Turns“ může na druhé straně vyjadřovat celkový počet otáček nutný pro stejnou sadu destinací. Takovéto celkové hodnoty můžou být užitečné jako faktory kontroly v některých statistických analýzách.

2.10 NORMALIZOVANÉ VÝSLEDKY

V případě použití normalizace na některou z dříve uvedených analýz, pak budou analýzy normalizovány podle celkového počtu sousedních vah kolem každé budovy v daném prohledávaném poloměru. V případě, že se nestanoví poloměr, jsou výsledky normalizovány vahou ve všech vstupních budovách daného diagramu. Pro dosažitelnost, přitažlivost, spojitost a příměstí platí, že výsledky budou vytvářet hodnoty spadající do intervalu od 0 do 1. Všimněte si, že u blízkosti nejsou zaručeny normalizované výsledky na intervalu od 0 po 1. (Obrázek 10)

Measure	Definition	Normalization
Reach	$Reach[i]^r = \sum_{j \in G - \{i\}, d[i,j] \leq r} W[j]$	$Reach[i]^r_{norm} = \frac{Reach[i]^r}{\sum_{j \in G - \{i\}} W[j]}$
Gravity	$Gravity[i]^r = \sum_{j \in G - \{i\}, d[i,j] \leq r} \frac{W[j]}{e^{\beta \cdot d[i,j]}}$	$Gravity[i]^r_{norm} = e^{\beta} \cdot \frac{Gravity[i]^r}{Reach[i]^r}$
Betweenness	$Betweenness[i]^r = \sum_{j,k \in G - \{i\}, d[j,k] \leq r} \frac{n_{jk}[i]}{n_{jk}} \cdot W[j]$	$Betweenness[i]^r_{norm} = \frac{Betweenness[i]^r}{(\{j \in G - \{i\} : d[i,j] \leq r\} - 1) \cdot Reach[i]^r}$
Closeness	$Closeness[i]^r = \frac{1}{\sum_{j \in G - \{i\}, d[i,j] \leq r} (d[i,j] \cdot W[j])}$	$Closeness[i]^r_{norm} = Closeness[i]^r \cdot Reach[i]^r$
Straightness	$Straightness[i]^r = \sum_{j \in G - \{i\}, d[i,j] \leq r} \frac{\delta[i,j]}{d[i,j]} \cdot W[j]$	$Straightness[i]^r_{norm} = \frac{Straightness[i]^r}{Reach[i]^r}$

Obr. č. 10: Normalizace výstupních hodnot z Urban Network Analystu
(zdroj: Sevtsuk & Mekonnen, 2012)

2.11 NÁSTROJE VÝSTUPU

2.11.1 Umístěn výstupu

Tato část nám umožňuje uživatelům vybrat složku do které budou zapsány veškeré výsledné výstupy. Vezměte, prosím, na vědomí, že maximální délka pro funkce jednotlivých tříd a tabulek v ArcGISu je 160 znaků, včetně názvů cesty. Je důležité být si vědom délky dané cesty a názvu samotného výstupního souboru, popřípadě je nezbytné určitou část zkrátit.

2.11.2 Název výstupního souboru

Tento vstup určuje název, který bude dán do DBF souboru, ve kterém budou uloženy výsledky. Výsledkový DBF soubor bude obsahovat výsledné vrstvy o stejném názvu a a také sloupec zobrazující název ID atributu budovy a jeden nebo více sloupců zobrazující výsledky analýzy. Výsledné sloupce s názvem R, G, B, C, S odkazují na výsledky z analýz dosažitelnosti (reach), přitažlivosti (gravity), spojitosti (betweenness), blízkosti (closeness) a přímosti (straightness).

3 NÁSTROJE REDUNDANCE

Velká část analýz prostorových sítí předpokládá, že dojde k cestování po nejkratších dostupných trasách. Nejedná se však o případ ze skutečnosti, protože lidé často používají cesty, které jsou trochu delší než samotná nejkratší trasa. Využití delších cest je především z toho důvodu, aby mohli jít kolem jiných míst na cestě, popřípadě se jedná o zajímavější trasy, nebo z hlediska navigace jednodušší. Vědci zjistili, že lidé chodící pěšky se běžně odchyľují o 20% od nejkratší trasy. Nástroje pro redundanci nám umožňují odhalit tyto alternativní cesty. Jako alternativní cesty jsou považovány takové, které se nacházejí mezi původním bodem a cílovým, nejedná se však o nejkratší možnou trasu z hlediska vzdálenosti, popřípadě zobrazí prvky ovlivňující tyto alternativy.

3.1 INDEX REDUNDANCE A ZÁLOŽNÍ CESTY

Urban Network Analyst nabízí dva samostatné nástroje pro redundanci – nástroje pro výpočet indexu redundance a záložní cesty. Index redundance je vypočítáván jako poměr součtu délek redundantních segmentů tak, aby se jednalo o součet délek nejkratších segmentů cesty z každé dvojice (páru) O-D. Pokud existuje více možností stejného původu, výsledkem je průměr všech těchto hodnot. Vzhledem k tomu, že máme pár uzlů O a D v kladně váženém neorientovaném grafu G, vypočítáme index redundance na základě poměru $\rho \geq 1$, který je definován:

$$R^\rho [O, D] = \frac{\sum_{e \in E} W[e] * \zeta^{O,D} * [e, \rho * d[O, D]]}{\sum_{e \in E} W[e] * \zeta^{O,D} * [e * d[O, D]]}$$

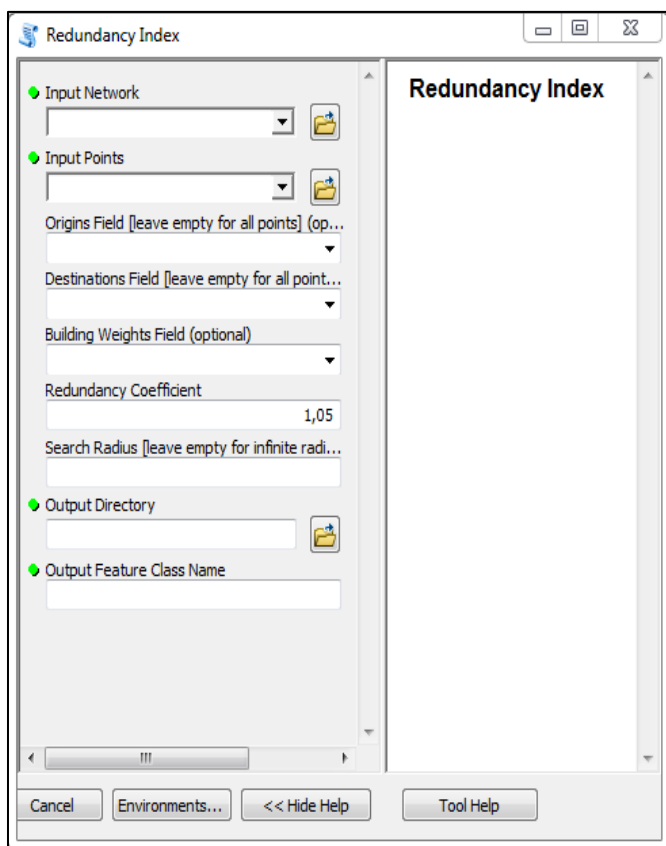
kde $W[e]$ je váha hrany e v diagramu G , $d[O, D]$ je nejkratší trasa z místa O do místa D v diagramu G a $\zeta^{O,D}$ je 1 v případě, že existuje jednoduchá cesta z O do D , která přechází přes hranu e a jehož váha je nanejvýš x , jinak je označen jako 0. Jednoduchá cesta je taková, ve které se neopakují žádné uzly.

Právě tuto hodnotu vypočítává nástroj pro záložní cesty. Nicméně nástroj pro výpočet indexu redundance rozvolňuje jednoduchou cestu omezením hodnoty $\zeta^{O,D}[e, x]$, která umožňuje použít uzly více než jednou na stejné cestě. V nástroji pro výpočet indexu redundance je $\zeta^{O,D}[e, x]$ označen hodnotou 1 v případě, že neexistuje žádná cesta (nemusí se nutně jednat o cestu jednoduchou) z místa O do místa D , která jde přes okraj hrany e , a má nanejvýš váhu x .

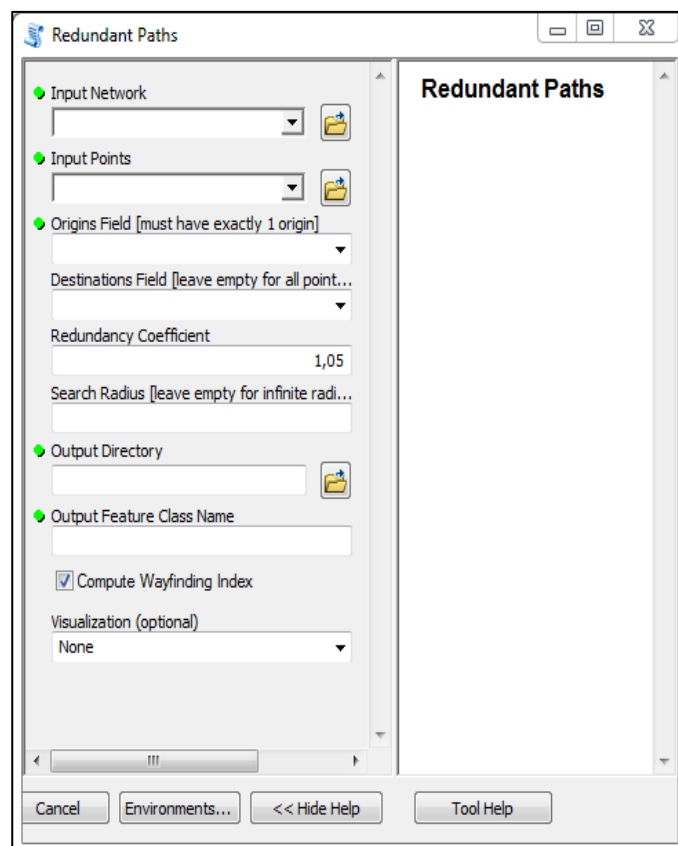
Pokud v analýzy požadujeme více než jeden cíl, výsledkem jsou průměrné hodnoty redundance pro jednotlivá místa. Vzhledem k určitému původu O a ne-prázdné množině destinací Δ (všechny spadající do stanoveného okruhu), můžeme spočítat průměrnou redundanci pro $\rho \geq 1$, jako:

$$R^\rho [O, \Delta] = \frac{\sum_{D \in \Delta} R^\rho [O, D]}{|\Delta|}$$

kde $|\Delta|$ je velikost sady, čili počet destinací (například cílových budov).



Obr. č. 11: Grafické rozhraní „Redundancy index“
(zdroj: Autor, 2014)



Obr. č. 12: Grafické rozhraní „Redundant Paths“
(zdroj: Autor, 2014)

3.2 VSTUP

3.2.1 VSTUPNÍ SÍŤ

Network dataset je síť ve které bude daná analýza provedena. Vytvořený (popřípadě již existující) soubor network datasetu má koncovku *.nd. V případě, že nemáte soubor datové sítě, je možné jej vytvořit ze souborů s koncovkou *.shp, *.dwg, *.dxf používaných v ArcMapu popřípadě v ArcCatalogu. ArcGIS verze 10.0 a vyšší umožňuje převést liniovou vrstvu do network datasetu.

3.2.2 VSTUPNÍ BODY

Bodový shapefile, který má nadefinované body v síti je použit pro analýzy redundance. Atributová tabulka shapefilu vstupních bodů se taky používá pro vymezení bodů, které budou použity jako (výchozí) původní. Všimněte si, že analýzy redundance, zejména záložní cesty mohou být výpočetně velmi drahé a z hlediska množství dat náročné na výpočetní techniku.

Je důležité si všimnout, že na rozdíl od stěžejního nástroje pro výpočet centrality, tak nástroj pro výpočet redundance může mít vstupní body z feature class popřípadě z geodatabáze ve formě shapefilu.

3.2.3 PŮVODNÍ POLE (nechte prázdné pro všechny body)

Toto pole, které je součástí vstupu bodového shapefilu určí, které body budou použity jako původní v analýze redundance. Vybrané pole musí mít číselný datový typ (float nebo integer). Body, které mají kladné hodnoty (větší než 0) budou nastaveny jako původní; ty, které mají „Null“ nebudou zahrnuty do původních bodů. V případě, že toto pole ponecháme prázdné, budou zahrnuty všechny body jako původní.

V případě, že ještě neexistuje, lze nové pole vytvořit otevřením atributové tabulky a zvolením možnosti „Přidat nové pole“ a přidáním názvu například „Původ“. Pomocí grafického výběru, popřípadě výběru v atributové tabulce pomocí ArcMapu lze využít k identifikaci bodů, které by měly být zahrnuty v původní sadě. V následujícím kroku, když již jsou vybrány správné body, klikneme pravým tlačítkem myši na nový název pole (v našem případě „Původ“) a přiřadíme těmto bodům kladnou hodnotu.

3.2.4 CÍLOVÉ POLE (nechte prázdné pro všechny body)

Toto pole, které je součástí vstupu bodového shapefilu určí, které body budou použity jako původní v analýze redundance. Vybrané pole musí mít číselný typ (float nebo integer). Body, které mají kladné hodnoty (větší než 0) budou nastaveny jako cílové; ty, které mají hodnotu „Null“ nebudou zahrnuty jako cílové.

3.2.5 VÁHY BUDOV

Analýza redundance obvykle odhaduje poměr mezi nadbytečnou vzdáleností určité cesty a nejkratší vzdáleností cesty. Analýza nám umožňuje změnit poměr z hlediska vzdáleností, na základě porovnání jiných atributů dané cesty, které jsou využity jako váhy. Například, pokud zvolené váhy popisují počet maloobchodníků v každém vstupním bodě, pak index redundance vrátí poměr mezi počtem maloobchodníků na redundantních cestách a počtem maloobchodníků na nejkratší cestě.

3.2.6 KOEFICIENT REDUNDANCE

Tento vstup definuje, o kolik delší redundantní cesty lze ještě porovnávat s nejkratší trasou. Koeficient je stanoven jako určitý násobek délky – například koeficient 1,05 umožňuje, aby byly redundantní cesty až o 5% delší než nejkratší možné cesty, v případě koeficientu 1,25 mohou být redundantní trasy o 25% delší než trasy nejkratší atd. Všimněte si, že čím větší je stanovený koeficient, tím více cest je obvykle nalezeno a analýza se stává více intenzivní.

3.2.7 PROHLEDÁVANÝ POLOMĚR (nechte prázdné pro všechny body)

Prohledávaný poloměr určuje, jak daleko podél sítě jsou určité destinace, v závislosti na původních bodech, tak, aby spadaly do dané analýzy. Například, v případě, že

stanovím prohledávaný poloměr 600 metrů, analýza redundance se omezí pouze na vzdálenost do 600 metrů od původních bodů. Všimněte si, že jednotky prohledávaného poloměru musí být definovány stejně jako jednotky v network datasetu (ND). Je-li ND v metrech, prohledávaný poloměr musí být také v metrech.

3.2.8 VÝSTUPNÍ ADRESÁŘ

Definování složky, kam chceme uložit výsledky dané analýzy.

3.2.9 NÁZEV VÝSTUPNÍ „FEATURE CLASS“

Definování názvu výstupního shapefilu.

3.2.10 VIZUALIZACE (pouze pro „Redundant Path tool“)

Možnost vizualizace v nástroji záložních cest umožňuje zvolit zda, a jak vizualizovat hrany v síti, které byly nalezeny v sadě redundantních cest. Vzhledem k tomu, že počet cest může být velmi vysoký, je tato možnost defaultně nastavena jako „žádná vizualizace“. Volba vizualizace ve výsledku vrátí všechny cesty jako křivky. V případě, že bude nalezeno 10 000 cest, ve výsledku bude 10 000 křivek. Vizualizace velmi vysokého počtu částečně se překrývajících se čar může být velmi výpočetně náročná pro ArcGIS.

4 ZDROJE

1. SEVTSUK, MEKONNEN a Raul KALVO. SINGAPORE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY & DESIGN IN COLLABORATION WITH MIT. *Urban Network Analyst: Toolbox for ArcGIS 10 / 10.1 / 10.2*. September 10, 2013. Singapore, 2013.