ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE FAKULTA STAVEBNÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

PRAHA 2011

Tereza PANTŮČKOVÁ

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE FAKULTA STAVEBNÍ OBOR GEOINFORMATIKA



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE SÍŤOVÁ ANALÝZA V GIS

Vedoucí práce: Ing. Jiří CAJTHAML, Ph.D. Katedra mapování a kartografie

červen 2011

Tereza PANTŮČKOVÁ

ZDE VLOŽIT LIST ZADÁNÍ

Z důvodu správného číslování stránek

ABSTRAKT

Bakalářská práce si bere za cíl popsat teorii týkající se síťové analýzy v geografických informačních systémech a následně ji využít v praxi. Je vytvořen podrobný pracovní postup tvorby síťové analýzy týkající se oblasti služeb extenze Network Analyst programu ArcGIS. Pracovní postup je založen na reálné výstavbě tramvajových tratí v Liberci na sídliště Rochlice a na podkladech Dopravního podniku měst Liberce a Jablonce nad Nisou a Magistrátu města Liberce. Je vytvořena dvojí analýza oblasti služeb pro samostatnou tramvajovou dopravu a kombinaci dopravy tramvajové a autobusové v této oblasti. Nakonec je určena statistika časové dostupnosti jednotlivých zastávek.

KLÍČOVÁ SLOVA

Geografický informační systém, extenze Network Analyst, síťový dataset, oblast služeb, Dopravní podnik měst Liberce a Jablonce nad Nisou

ABSTRACT

Bachelor work aims to describe the theory of network analysis in geographic information systems and then use of it in practice. A detailed workflow is created. The workflow includes generation of new network analysis, which relates to Network Analyst extension focused on Service Area Analysis. The workflow is based on real tram lines construction in Liberec Rochlice housing and documents from the Transportation Company of cities Liberec and Jablonec nad Nisou and Liberec City Hall. A dual servise area analysis is created, for a separate combination of trams and tram and bus services in this area. Finally, the time availability analysis is determined for each tram and bus stop.

KEYWORDS

Geographic information system, Network Analyst extension, network dataset, service area, Transportation Company of cities Liberec and Jablonec nad Nisou

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma "Síťová analýza v GIS" vypracovala samostatně. Použitou literaturu a podkladové materiály uvádím v seznamu zdrojů.

V Praze dne

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat vedoucímu práce Ing. Jiřímu Cajthamlovi, Ph.D. za připomínky a pomoc při zpracování této práce. Dále bych chtěla poděkovat Dopravnímu podniku měst Liberce a Jablonce nad Nisou a.s. a Magistrátu města Liberce za poskytnutá data a doc. RNDr. Jiřímu Demlovi, CSc. za konzultace.

Obsah

Úvod 8						
1	Teo	Teorie				
	1.1	GIS .		9		
	1.2	Teorie	grafů	10		
		1.2.1	Síťová analýza	12		
	1.3 Použitá data		á data	14		
		1.3.1	ZABAGED	14		
		1.3.2	WMS služby	15		
	1.4	Dopravní podnik měst Liberce a Jablonce n./N. a.s				
		1.4.1	Popis etap výstavby tramvajové tratě z terminálu			
			Fűgnerova na zastávku Dobiášova	20		
		1.4.2	Vymezení zájmového území - 4. a 5. etapy	22		
1.5 ArcGIS Network Analyst		ArcGI	S Network Analyst	26		
		1.5.1	Co je Network Analyst?	26		
		1.5.2	Co je to síť?	30		
		1.5.3	Druhy vrstev síťové analýzy	31		
		1.5.4	Oblast služeb (Service area)	31		
		1.5.5	Co je dataset?	33		
		1.5.6	Algoritmy užité v Network Analyst	35		
2 Praktický příklad užití		ktický	příklad užití	37		
	2.1	Nastav	- vení souřadnicového systému	37		
	2.2	Načter	ıí shapefilů	38		
	2.3	Načter	11 podkladové ortofotomapy	39		
	2.4	Vektor	rizace	41		
	2.5	Vytvoř	ření vrstvy komunikace	43		
	2.6	6 Příprava na tvorbu síťového grafu		44		
	2.7	Zapnu	tí extenze <i>Network Analyst</i>	46		
	2.8	Tvorba	a síťového datasetu	46		

	2.9	Georeferencování podkladu projektu	51		
	2.10	Vytvoření oblasti služeb	54		
	2.11	Výpočet statistik	58		
Zá	věr		62		
Po	oužité	ė zdroje	64		
Se	Seznam obrázků				
Se	znan	n příloh	71		
Α	Pěší v záv	časová dostupnost tramvajových zastávek v lokalitě sídliště Rochlice vislosti na počtu obyvatel po jejich vybudování	72		
в	Pěší liště	časová dostupnost tramvajových a autobusových zastávek v lokalitě síd- Rochlice v závislosti na počtu obyvatel po jejich vybudování	73		
С	Obsa	h CD	74		

Úvod

Tématem této bakalářské práce je síťová analýza. Sítě jsou prakticky všude kolem nás, silničními sítěmi počínaje, přes síť řek, železničními sítěmi konče. Sítě lze definovat jako soubor lineárních prvků, které vytvářejí určitou strukturu nebo obrazec, po nichž se pohybují zdroje.

Možným příkladem takovéto sítě je například tramvajová trať. Odtud vychází také cíl mé práce, a tedy aplikovat síťovou analýzu na příkladu výstavby tramvajové tratě na sídliště Rochlice v Liberci. Díky ochotě tamějšího dopravního ředitele Dopravního podniku měst Liberce a Jablonce nad Nisou mi byla poskytnuta podkladová data, jelikož je i v zájmu podniku prezentovat plánovanou výstavbu všemi možnými dostupnými prostředky.

V práci si tedy kladu za cíl zpracovat analýzu pěší dopravní dostupnosti tramvajových zastávek (popřípadě i autobusových) v určených časových intervalech s výslednou statistikou počtu obyvatel žijících v určené oblasti, jelikož mi byla poskytnuta příslušná demografická data magistrátem města Liberec.

Na začátku práce bych se chtěla zaměřit na teoretický úvod do síťových grafů a extenzi Network Analyst programu ArcGIS, v druhé části podrobně přiblížit pracovní postup v programu samotném. Program, který ke zpracování dat využiji, je program ArcGIS verze 10, od kterého mám k dispozici extenzi programu Network Analyst věnující se problematice síťových analýz. Jelikož není tato extenze na našem studijním oboru prozatím využívána, chci můj pracovní postup zpracovat podrobněji (doplněný několika grafickými ilustracemi), aby mohl případně sloužit jako podklad pro výuku části této extenze týkající se přímo zjišťování oblasti služeb.

Jako výstup práce očekávám grafické zpracování pěších časových dostupností se znázorněním počtu obyvatel žijících v daných lokalitách, jak formou grafu, tak tabulky, pro co nejlepší přehlednost i pro laickou veřejnost.

1 Teorie

Teoretická část je zaměřena na vysvětlení základních pojmů spojených s jejich užitím v praktickém příkladu (viz. následující kapitola Praktický příklad užití).

1.1 GIS

Geografický informační systém je složenina dvou slov:

- geografie
- informační systém

Geografie je věda zabývající se studiem Zemského povrchu. Slovo geografie pochází z řeckých slov geo - Země, graphein - psát. Geografie popisuje a analyzuje prostorové vztahy mezi fyzikálními, biologickými a humánními jevy, které se vyskytují na Zemském povrchu. [1]

Informační systém (definice Clause a Schvill 1991) je soubor hardware a software na získávání, uchovávání, spojování a vyhodnocování informací. Informační systém se skládá ze zařízení na zpracování dat, systému báze dat a vyhodnocovacích programů. [1]

Definice ESRI: Geografický informační systém (zkráceně GIS) integruje hardware, software a data pro pořizování, správu, analýzu a zobrazení všech forem geograficky referencovaných informací. GIS umožňuje zobrazit, pochopit, zkoušet, interpretovat a vizualizovat data mnoha způsoby, které odhalí vztahy, vzory a trendy v podobě map, globusů, zpráv a grafů. GIS umožňuje odpovědět na otázky a řešit problémy při pohledu na vaše data tak, aby byly rychle pochopeny a snadno sdíleny. GIS technologie mohou být integrovány do jakéhokoli systému podnikového informačního rámce. [2]

1.2 Teorie grafů

Pojem grafu je přirozeným prostředkem k formálnímu vyjádření párových vztahů, tj. vztahů mezi dvojicemi nějakých objektů. Grafy mají obecně mnoho různorodých aplikací.

Graf se skládá z tzv. vrcholů a tzv. hran. Množinu vrcholů značíme obvykle V, množinu hran E (od anglického edge). Hrana vždy spojuje dva vrcholy (ne nutně různé) a je buď orientovaná, nebo neorientovaná.

U hran orientovaných rozlišujeme počáteční a koncový vrchol a říkáme, že hrana vede z počátečního do koncového vrcholu. Počáteční vrchol hrany e značíme Pv(e), koncový vrchol Kv(e). Neorientované hrany chápeme jako symetrické spojení dvou vrcholů a nerozlišujeme, který z obou vrcholů byl uveden dříve.

V obou případech říkáme, že hrana je incidentní (popř. inciduje¹) s vrcholy, které spojuje a také každý z těchto vrcholů je incidentní s touto hranou. Vztah incidence lze formalizovat jako zobrazení ε , které každé hraně přiřazuje dvojici vrcholů (pro orientované grafy přiřazuje dvojici uspořádanou, pro neorientované grafy dvojici neuspořádanou). Pokud hrana spojuje nějaký vrchol se sebou samým, nazýváme ji smyčkou. Smyčka může být orientovaná nebo neorientovaná. Orientovaný graf má všechny hrany orientované, neorientovaný graf má všechny hrany neorientované. Existují i smíšené grafy, které mají oba druhy hran.



Obr. 1.1: Příklad orientovaného grafu [4]

 $^{^{1}}$ incidence = mat. vzájemná poloha dvou geometrických útvarů majících společnou část [3]



Obr. 1.2: Příklad neorientovaného grafu [4]

Grafy (orientované i neorientované) lze s výhodou znázorňovat kreslením (viz. obrázky výše). Ostatně odtud dostaly jméno. Vrcholy obvykle kreslíme jako body (kroužky), hrany jako čáry (křivky, úsečky, oblouky), které spojují příslušné dvojice vrcholů. Je-li hrana orientovaná, značíme orientaci šipkou od počátečního ke koncovému vrcholu. [5]

Počátky teorie grafů jsou poměrně skromné. Na rozdíl od mnohých jiných matematických disciplín, které vznikly z významných (většinou fyzikálních) problémů, při vzniku teorie grafů často stály úlohy z rekreační matematiky (hlavolamy), v našem případě se jedná například o síť cest.

Stručně řečeno si u těchto typů grafů vyznačíme křižovatky, rozcestí, konce slepých uliček a jiná důležitá místa, která poté spojíme čarami reprezentujícími komunikace, přičemž šipka na čáře označuje jednosměrnou komunikaci. Takovéto zobrazování je velmi jednoduché a je možné předpokládat, že vzniklo už v počátcích mapování. Pro více úloh nám stačí uvažovat jen grafické vyjádření. [6]



Obr. 1.3: Příklad grafického vyjádření komunikací [6]

1.2.1 Síťová analýza

Sítě jsou všude kolem nás (silniční a železniční sítě, sítě produktovodů, říční sítě apod.). Sítě lze definovat jako soubor lineárních prvků, vytvářejí určitou strukturu nebo obrazec, po nichž se pohybují zdroje, obvykle slouží k transportu hmoty a energie.

Síťové analýzy obvykle pracují s těmito komponentami:

- souborem zdrojů (např. které zboží se má rozvést)
- lokalitami nebo prostorem, kde jsou zdroje umístěny (např. sklady zboží)
- cílovými místy, kam jsou zdroje transportovány (např. sídla zákazníků odebírajících zboží), nebo místy, kde jsou poskytovány určité služby (např. nemocnice)
- souborem pravidel nebo matematických vztahů popisujících způsob transportu (např. průměrná rychlost vozidel)

Mezi hlavní typy sítí patří řeky, vlaky, silnice. Řeky tečou pouze jedním směrem, je pro ně tudíž nejvhodnější orientovaná síť. Vlaky obvykle jezdí v obou směrech, pro ně se tedy hodí nejlépe neorientovaná síť. Silnice mohou být orientované nebo neorientované (jednosměrné nebo obousměrné) a obvykle obsahují smyčky, takže se pro ně hodí některá z variant se smyčkami. Před aplikací počítačových metod síťové analýzy je třeba uvážit, o jaký typ sítě se jedná. Nejobtížnější součástí síťové analýzy je výběr nebo tvorba odpovídající a dostatečně podrobné sítě.



Obr. 1.4: Hlavní typy sítí [7]

Formát síťových grafů může být vektorový (častější případ) nebo rastrový (méně často).

Typické funkce používané pří síťové analýze jsou funkce:

- $\bullet\,$ pro trasování sítě (tracing) v síti se hledá určitá trasa
- pro volbu optimální trasy (routing) v lineární síti se hledá nejvýhodnější trasa pro přepravu materiálu, osob nebo energie
- pro alokaci zdrojů (network allocation) optimalizační funkce území se rozděluje do zón, ve kterých jsou zabezpečovány určité služby

Trasování sítě (tracing) vyhledává určitou trasu v síti na základě kritérií stanovených uživatelem. Např. správce elektronických zařízení může potřebovat v GIS zjistit trasu mezi elektrickou rozvodnou a transformátorem situovaným nejblíže připravovaného staveniště, aby si tak ověřil distribuční kapacitu sítě v příslušném vedení. Dalším příkladem je vyhledávání vedení ve vodovodním systému, které s největší pravděpodobností připadá v úvahu při zjištěné poruše potrubí.

Vyhledávání nejkratší nebo nejrychlejší cesty je nejčastějším případem optimalizace trasy. Nalezení nejrychlejší trasy z bodu A do bodu B po silnicích je rozhodujícím úkolem pro řízení záchranných služeb nebo obchodní účely. Existuje však řada dalších úloh. Například vyhledávání nejefektivnější trasy školních autobusů nebo nalezení nejrychlejší trasy mezi jednotlivými místy pro obchodní cestující. Jestliže máme provést takovéto operace, nejdříve je nutné vytvořit odpovídající síť. Součástí konstrukce sítě jsou detaily propojení jednotlivých silnic, informace o jednosměrných ulicích, možnosti otáčení, omezení rychlosti a podobně. Síť musí být vytvořena tak, aby byla schopna přijímat nové informace a bylo možno provést změnu trasy. Některé prvky mohou představovat určitý problém – například mosty, nadjezdy, kruhové objezdy, ulice s různým omezením přístupu na jednotlivých stranách ulice, apod. Alokace zdrojů vyžaduje definici center sítě nebo cílových bodů z hlediska přepravy osob a nákladů. Například centry mohou být školy s maximální kapacitou dětí, zdravotní střediska s kapacitou pacientů nebo obchodní domy s objemem zboží. Algoritmy alokace používají tato centra jako modely, kolik lidí nebo zboží lze přes ně přepravit. Výsledkem je mapa, která znázorňuje oblasti, které lze obsloužit z daného centra (školy, zdravotní střediska nebo obchodního domu). Algoritmy obvykle pracují s alokačními linkami, které spojují jednotlivé prvky sítě s nejbližším střediskem a určují kapacitu. Obsahují přitom atributy jako jsou jednosměrné ulice, překážky apod. Je-li například cílovým bodem tramvajová nebo autobusová zastávka, je možno pomocí alokace zdrojů stanovit ve městě cílové body tak, aby byly dosažitelné desetiminutovou chůzí. Při poruše vodovodní sítě lze optimalizovat rozmístění cisteren s pitnou vodou v oblasti poruchy. Obdobně lze nalézt optimální

1.3 Použitá data

1.3.1 ZABAGED

Základní báze geografických dat České republiky (ZABAGED) - je digitální geografický model území České republiky, který zobrazením geografické reality odpovídá podrobnosti Základní mapy České republiky v měřítku 1:10 000. ZABAGED má charakter geografického informačního systému integrujícího prostorovou složku vektorové grafiky s topologickými relacemi objektů a složku atributovou obsahující popisy a další kvalitativní a kvantitativní informace o jednotlivých geografických objektech. Obsah ZABAGED tvoří 123 základních typů geografických objektů členěných do osmi tematických kategorií a více než 350 typů popisných atributů. Polohopisná část obsahuje dvourozměrně vedené (2D) prostorové a popisné informace o sídlech, komunikacích, rozvodných sítích a produktovodech, vodstvu, územních jednotkách a chráněných územích, vegetaci a povrchu a o prvcích terénního reliéfu. Součástí jsou i vybrané údaje o geodetických bodech na území České republiky. Výškopisná část obsahuje trojrozměrně vedené (3D) prvky terénního reliéfu a je reprezentovaná prostorovým 3D souborem vrstevnic. Objekty jsou pravidelně celoplošně aktualizovány s využitím fotogrammetrických metod, terénního místního šetření a vybrané typy objektů jsou aktualizovány průběžně ve spolupráci s primárními správci těchto dat. Některé typy objektů obsahují v atributové části tzv. identifikátory, které tvoří integrační klíč pro zjištění podrobnějších údajů o geografickém objektu v databázi primárního správce dat. Tím jsou vytvářeny předpoklady pro integraci ZABAGED v rámci informačního systému veřejné správy.

ZABAGED využívá v souladu s nařízením vlády č. 430/2006 Sb., o stanovení geodetických referenčních systémů a státních mapových děl závazných na území státu a zásadách jejich používání, geodetický referenční systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK) a výškový systém baltský - po vyrovnání (Bpv). [8]

1.3.2 WMS služby

Web Map Service (dále WMS) je služba, která byla vytvořena z důvodu umožnění sdílení dat GIS v distribuovaném prostředí Internetu. Jedná se o nástroj nejen pro GIS systémy, který zpřístupňuje informace ve formě map (rastrů). Výsledkem požadavku např. GIS softwaru na WMS server jsou primárně obrazová data v nejrůznějších formátech (JPEG, TIFF, PNG, aj.), které zobrazují tematické geografické informace (tematickou mapu - vrstvu). [9]

Základním principem WMS jsou vzájemné interakce a to stroj-stroj a strojčlověk. V nejvyšším vrcholu této komunikace je mapový server. Pokud podporuje WMS službu můžeme hovořit o WMS serveru. Klient je potom software, který komunikuje se serverem za účelem získání informací. K této komunikaci využívá Hyper Text Transfer Protocol (HTTP), resp. jeho metody dotazů, jimiž jsou GET a POST. Klient si poté zpracuje informace, které mu server zpřístupnil. Tyto informace pomocí definovaného uživatelského rozhraní zpřístupní uživateli. Jedná se o interakci člověk-stroj (resp. uživatel-klient). Názornější vysvětlení naznačuje nadcházející obrázek. [10]



Obr. 1.5: Princip interakce WMS (člověk - stroj - stroj) [10]

Mezi poskytovatele těchto dat patří i geoportál INSPIRE (Infrastructure for spatial information in Europe), který nabízí například vrstvu barevné ortofotomapy s prostorovým rozlišením 50 cm nebo hranice správních celků - katastrálních území, obcí, POÚ², ORP³ a krajů.

1.4 Dopravní podnik měst Liberce a Jablonce n./N. a.s.

Dopravní podnik měst Liberce a Jablonce nad Nisou, a.s. je akciová společnost, jejímž rozhodujícím předmětem činnosti je silniční motorová doprava, provozování dráhy a drážní dopravy, provádění (dopravních) staveb vč. jejich změn a provozování autoškoly. [11]

Městské autobusové linky v Liberci, českém krajském městě se 105 000 obyvateli, provozuje Dopravní podnik měst Liberce a Jablonce nad Nisou a.s. (do listopadu 2010 pod názvem Dopravní podnik města Liberce a.s.). Do roku 2008 se na provozu podílela asi z 20% jako subdodavatel i divize MHD podniku ČSAD Liberec a.s.

Poprvé se autobusy v ulicích města Liberce objevily v roce 1927. První linka vedla z Ruprechtic k radnici, kde lidé mohli přestoupit do dalších tramvají. Autobusovou dopravu provozovalo město až do roku 1933, kdy ji prodalo soukromé společnosti. Ne však natrvalo; o 6 let později, v souvislosti s připojením dalších obcí k Liberci,

 $^{^2\}mathrm{PO}\acute{\mathrm{U}}$ = pověřený obecní úřad

 $^{^{3}}ORP = obec s rozšířenou působností$

ji město přebralo zpět. Provoz pak přerušila až válka. Již 2 měsíce po osvobození, od července 1945, byl provoz postupně obnovován, od srpna 1948 dokonce rozšiřován (přibyla nová linka do Jablonce nad Nisou, v roce 1955 nahrazená tramvajovou tratí). Roku 1960 autobusy převzaly dopravu po zrušených tramvajových tratích do Rochlic a Růžodolu. Centrálním bodem veškeré autobusové dopravy se stal v roce 1995 terminál Fűgnerova – moderní přestupní uzel, v roce 2008 upravený a modernizovaný. [12]



Obr. 1.6: Slavnostní zahájení provozu dopravního podniku na Poštovním náměstí v Rochlici v roce 1899 [13]

Od ledna 2010 Dopravní podnik města Liberce a.s. převzal na základě desetileté smlouvy provozování městské hromadné dopravy (dále MHD) v Jablonci nad Nisou, kterou však zpočátku provozuje s autobusy pronajatými od původního dopravce. Z tarifního hlediska a z hlediska číslování linek a přepravních podmínek však zatím zůstávají oba systémy MHD oddělené. 21. října 2010 se Dopravní podnik města Liberce a.s. přejmenoval na Dopravní podnik měst Liberec a Jablonec nad Nisou a.s., 10. listopadu 2010 pak na Dopravní podnik měst Liberce a Jablonce nad Nisou a.s.

V současnosti (od září 2010) zahrnuje městská autobusová síť 48 linek (z toho 11 školních a 2 tzv."obchodní", na kterých je přeprava zdarma). Centrálním bodem MHD je od ledna 1996 terminál Fűgnerova, kde kromě čtyř autobusových linek staví všechny autobusy i tramvaje. Nejvytíženější jsou linky obsluhující největší liberecká sídliště (především Rochlice). Kromě města samotného autobusy městských linek obsluhují i několik okolních obcí. [12]



Obr. 1.7: Plán sítě MHD Liberec (stav k 12.12.2010) [14]

Budoucnost MHD v Liberci - prioritou města Liberec je zavedení tramvajové dopravy do sídliště Rochlice II. (sídliště "Dobiášova"). Tuto trať je možné vybudovat a provozovat až po dokončení zdvoukolejnění části jablonecké tratě ve směru do centra Liberce. V souvislosti se zdvoukolejněním tramvajové tratě (dále TT) od dopravního terminálu MHD ve Fűgnerově ulici do Vratislavic nad Nisou, jak je zakotveno v územním plánu města Liberec, se v současnosti zpracovává dokumentace trasování tratě přes ulici Mlýnská, s průchodem prostoru soukromých aktivit původně zamýšleného obchodně zábavního centra PROMENADA (areál bývalé Textilany) – jako přeložka tratě, dále napojení na již zrekonstruovaný úsek u zastávky "U Lomu" a za výhybnou "Nová Ruda" bude tramvajová trať pokračovat dvoukolejně kolem domova důchodců až k zastávce "Lékárna". Z hlediska zachování výhod samostatného drážního tělesa a dopravní bezpečnosti odtud povede trať jednokolejně v současné ose, na samostatném drážním tělese; k tomu se zpracovává dokumentace pro zlepšení prostorových parametrů TT i přilehlého chodníku pro pěší, vedené zastavěnou oblastí městského obvodu Vratislavice nad Nisou, kde se touto rekonstrukcí zároveň zlepší dopravní i stavebně estetický charakter části města Liberec.

Ve spolupráci se Statutárním městem Liberec se taktéž připravuje dokumentace na trasování novostavby TT na sídliště Rochlice II. Městem preferovaná varianta vychází ze zastávky "U Lomu" na meziměstské tramvajové trati a je vedena podél východního okraje sídliště Broumovská, kde bude nutná i přeložka silniční komunikace, mezi nově vznikající zástavbou "Pod Rušičkou" a Horní Kopečnou, s odbočením tratě ke stávající nejfrekventovanější zastávce "Dobiášova". Tato nová trať se dokumentačně připravuje v rychlo-drážním charakteru. Podmínkou je však navázání na zrekonstruovanou dvoukolejnou trať tak, aby bylo možné bezkolizní dopravní propojení do centra Liberce v obou směrech. [11]

1.4.1 Popis etap výstavby tramvajové tratě z terminálu Fűgnerova na zastávku Dobiášova

0. etapa: Terminál Fűgnerova

- $\bullet\,$ délka úseku: 330 m
- termín zprovoznění: srpen 2008
- celkové náklady: 61 173 000 Kč



Obr. 1.8: 0. etapa: Terminál Fűgnerova [13]

1. etapa: Fűgnerova - Mlýnská

- $\bullet\,$ délka úseku: 340 m
- termín zprovoznění: listopad 2009
- celkové náklady: 104 478 000 Kč



Obr. 1.9: 1. etapa: Fűgnerova - Mlýnská [13]

2. etapa: Mlýnská - Klicperova

- $\bullet\,$ délka úseku: 250 m
- termín zprovoznění: listopad 2009
- $\bullet\,$ celkové náklady: 61 425 000 Kč

3. etapa: Klicperova - U Lomu

- $\bullet~$ délka úseku: 950 m
- termín zprovoznění: listopad 2010
- $\bullet\,$ celkové náklady: 121 487 000 Kč



Obr. 1.10: 3. etapa: Klicperova - U Lomu [13]

4. etapa: U Lomu - Ševčíkova

- $\bullet\,$ délka úseku: 760 m
- termín zprovoznění: předpoklad 2011 2012
- celkové náklady: předpoklad 350 954 000 Kč

5. etapa: Ševčíkova - Dobiášova

- délka úseku: 950 m
- termín zprovoznění: předpoklad po roce 2013
- celkové náklady: předpoklad 360 000 000 Kč [13]



Obr. 1.11: 4. a 5. etapa: U Lomu - Dobiášova [13]

1.4.2 Vymezení zájmového území - 4. a 5. etapy

Tramvajová trať do Rochlic výrazně odlehčí silnicím, které už přestávají náporu dopravy stačit. Na sídlišti a v jeho okolí totiž žije kolem 16 000 lidí. V dopravní špičce jezdí autobusy do Rochlic ve čtyřminutových intervalech. Ani to ale nestačí. Jediným řešením je podle odborníků právě tramvaj, která má větší přepravní kapacitu a zácpy na silnicích ji nebrzdí. Výstavba tramvajové tratě na největší liberecké sídliště potrvá do roku 2014 a bude stát zhruba 600 milionů korun. [15]

Výstavba tramvajové tratě probíhá po etapách se stavbou tratí po vlastním tělese, přičemž je snaha o co nejmenší narušení běžného provozu (např. mimo období výuky ve školách). Dalšími prvky výstavby jsou využití dotačního programu Evropské Unie, rekonstrukce části tratě do Jablonce nad Nisou a zlepšení stavu stávajících komunikací.

Linky městské dopravy na sídliště Rochlice

linka č. 12: Zelené Údolí – Fűgnerova – Pavlovice Letná

- linka č. 23: Zelené Údolí Fűgnerova Růžodol Mlýn Stráž nad Nisou
- linka č. 33: Kunratická sídliště Sametová Rochlice Průmyslová zóna Jih
- linka č. 35: Fűgnerova Sametová Rochlice Průmyslová zóna Jih

Linky městské dopravy na sídliště Broumovská

- linka č. 12: Broumovská Krejčího Fűgnerova Pavlovice Letná
- linka č. 25: Broumovská Fűgnerova Ruprechtice náměstí Ruprechtice sídliště
- linka č. 33: Kunratická sídliště Sametová Rochlice Průmyslová zóna Jih
- linka č. 35: Fűgnerova Sametová Rochlice Průmyslová zóna Jih
- linka č. 5: Rybníček Fűgnerova Vratislavice nad Nisou
- linka č. 11: Viadukt Fűgnerova Vratislavice nad Nisou Jablonec nad Nisou
 [13]



Obr. 1.12: Znázornění tramvajové (červeně) a autobusové (modře) dopravy na sídliště Rochlice - rok 2009 [13]



Obr. 1.13: Znázornění tramvajové (červeně) a autobusové (modře) dopravy na sídliště Rochlice - rok 2010 [13]

Trasa nové tramvajové tratě

- Fűgnerova, terminál MHD
- Mlýnská
- Textilana
- U Lomu
- Sametová
- Ševčíkova
- Krejčího
- Dobiášova



Obr. 1.14: Znázornění tramvajové (červeně) a autobusové (modře) dopravy na sídliště Rochlice - rok 2013 [13]



Obr. 1.15: Rozmístění zastávek v úseku U Lomu - Dobiášova [13]

Nová tramvajová trať převezme obsluhu nejzatíženějších lokalit, umožní rychlé spojení tramvají s centrem a především bez vlivu individuální dopravy, nabízí možnost posílení nabídky míst v souvislosti s bytovou výstavbou mezi sídlišti Broumovská a Rochlice a výhledově umožňuje kapacitní napojení lokality Vesec a Doubí. Navíc jsou při výstavbě využity moderní technologie pro minimalizaci hluku, budování moderních zastávek s lepšími přestupními vazbami na autobusové linky, nové bezbariérové tramvaje a větší ekologičnost. Zastávky autobusových linek v lokalitě mimo trasu tramvaje budou i nadále obsluhovány autobusovými linkami, které doplňují páteřní tramvajovou trať. Zavedením tramvajové tratě dojde ke snížení zatížení ulice Dr. Milady Horákové a tím zlepšení průjezdnosti autobusových linek, nabízí se tedy možnost vzniku školních linek. [13]

1.5 ArcGIS Network Analyst

1.5.1 Co je Network Analyst?

S ArcGIS Network Analyst extenzí můžete odpovědět na otázky, jako jsou následující:

• Jaký je nejrychlejší způsob, jak se dostat z bodu A do bodu B?



Obr. 1.16: Nejrychlejší cesta z bodu A do bodu B [16]

- Jaké domy jsou dosažitelné do pěti minut od požární stanice?
- Jaké oblasti trhu se týká podnikání?



Obr. 1.17: Zelené body představují sklady v různých městech, polygony představují jejich tržní oblasti, které jsou rozděleny do tří kruhů; zelené polygony jsou dosažitelné kamiony do dvou hodin, oranžové do čtyř hodin a červené do šesti hodin [16]

- Osoba chce navštívit obchod. Kterou pobočku by měl potenciální zákazník navštívit, aby se minimalizoval cestovní čas?
- Které sanitky nebo hlídkové vozy mohou reagovat co nejrychleji na incident?



Obr. 1.18: Nejbližší policejní vozidla jsou přiřazena k mimořádným událostem; počet policistů potřebných na každém místě závisí na závažnosti incidentu; jsou generovány trasy a očekávané odezvy u každého vozidla [16]

 Jak může flotila vozidel, dodávek nebo servisních vozů zlepšit služby zákazníkům a minimalizovat náklady na dopravu?



Obr. 1.19: Třem kamionům dovážejícím jídla z distribučních center jsou přiřazeny obchody s potravinami a cesty do obchodů, které minimalizují náklady na dopravu; kapacity vozidel, přestávky na oběd a omezení maximální dobou jízdy jsou zahrnuty do analýzy [16]

- Kde může obchod otevřít pobočku s cílem maximalizovat podíl na trhu?
- Musí-li se společnost zredukovat, které pobočky má uzavřít, aby si udržela co možná nejvyšší celkovou poptávku?

Podniky, veřejné služby a jiné organizace těží z extenze Network Analyst, protože jim pomáhá provozovat svou činnost efektivněji a lépe se strategicky rozhodovat. Tyto organizace tak mohou lépe pochopit dynamiku trhu, současnou i potenciální, jakmile vědí, kdo má přístup k jejich výrobkům nebo službám.

Náklady na dopravu lze snížit optimálním řazením zastávek a nalezením nejkratší cesty mezi zastávkami při zvážení několika omezení, jako jsou kapacity vozidla a maximální cestovní časy. Zákaznický servis je možno vylepšit prostřednictvím rychlejší odezvy a pohodlnějším umístěním zařízení. Network Analyst usnadňuje pochopení a řešení problémů této povahy.

Výzkumní pracovníci a analytici běžně využívají možností Network Analyst pro určení nejméně nákladných cest mezi několika počátky a cíli cest.

Origin-destination cost matice (dále OD cost matice), které Network Analyst vytváří, se často stávají vstupy pro větší analýzy. Například odhad dopravního chování často zahrnuje vzdálenosti, které lidé budou muset procestovat pro dosažení určitého cíle. Tyto vzdálenosti sítě se používají v matematických výrazech na pomoc při vytváření cestovních prognóz.



Obr. 1.20: Grafické znázornění OD cost matice [16]

OD cost maticová analýza počítá nejmenší náklady na cesty od počátků cest do destinací. Výstupem jsou liniové prvky, které spojují počátek cesty s destinací. Každý liniový prvek ukládá celkovou cenu nákladů cesty jako atributovou hodnotu. Analytici často vezmou atributovou tabulku a použijí ji jako vstup pro aplikace lineárního programování.

Podobně poskytují některé analýzy v prostorových statistikách přesnější výsledky, pokud jsou síťové vzdálenosti použity místo přímé vzdálenosti. Vezměme pro příklad analýzy dopravních incidentů, které mají za cíl lokalizaci skupin dopravních nehod, zvýraznění jejich příčin a přijetí opatření ke snížení počtu nehod. Vzhledem k tomu, že automobily cestují na pozemních komunikacích, je stanovení skupin dopravních nehod se síťovými vzdálenostmi mnohem efektivnější než používání přímých vzdáleností. Než budete moci provádět analýzy sítě, aby jste odpověděly na otázky uvedené výše, je potřeba mít síťový datový soubor, který modeluje dopravní sítě. [16]

1.5.2 Co je to síť?

Síť je systém vzájemně propojených prvků, jako jsou hrany (linky) a spojovací uzly (body), které představují možné trasy z jednoho místa na druhé. Lidé, zdroje a zboží mají tendenci cestovat po síti: osobní a nákladní automobily cestují na silnicích, letadla létají na předem určených trasách, nafta teče v potrubí. Modelováním možných cest v síti je možné provádět analýzy týkající se pohybu nafty, nákladních automobilů nebo jiných látek na síti. Nejběžnější síťovou analýzou je nalezení nejkratší cesty mezi dvěma body. ArcGIS seskupuje sítě do dvou kategorií: geometrických sítí a síťových datasetů.

• Geometrické sítě (inženýrské a říční sítě)

Říční a inženýrské sítě, jako elektrické rozvody, plyn, kanalizace a vodovody, umožňují cestovat po hranách pouze v jednom směru ve stejné době. Látka v síti, například tok ropy v potrubí, si nemůže vybrat, kterým směrem bude putovat, cesta je spíše určena vnějšími silami: gravitací, elektromagnetismem, tlakem vody a tak dále. Inženýr může řídit tok látky tím, že kontroluje, jak vnější síly působí na určitou látku.



Obr. 1.21: Inženýrské a říční sítě [16]

• Síťové datasety (dopravní sítě)

Dopravní sítě, jako jsou ulice, pěší a železniční sítě, umožňují cestovat po hranách v obou směrech. Zástupce na síti, například řidič kamionu na silnici, si může obecně svobodně rozhodovat o směru cesty, stejně jako o cíli.



Obr. 1.22: Dopravní sítě [16]

• Multimodální síťové datasety

Síťový dataset je schopen modelování jednoho druhu dopravy, jako jsou silnice, nebo multimodální síťe skládající se z několika druhů dopravy jako jsou silnice, železnice a vodní cesty. [16]

1.5.3 Druhy vrstev síťové analýzy

ArcGIS Network Analyst umožňuje řešit běžné problémy v síti, jako je nalezení nejlepší trasy přes město, nejbližšího vozidla záchranné služby nebo jejího zařízení, identifikace oblasti služeb v určitém místě, obsluha sady zakázek vozovým parkem nebo volba nejlepšího zařízení pro jeho otevření či zavření. [16]

Druhy vrstev síťové analýzy, kterými ArcGIS Network Analyst disponuje:

- trasa (route)
- nejbližší zařízení (closest facility)
- oblast služeb (service area)
- OD cost matice (OD cost matrix)
- rozvozní problém (vehicle routing problem)
- rozdělení míst(location-allocation)

1.5.4 Oblast služeb (Service area)

S Network Analyst najdete oblasti služeb v okolí libovolného místa v síti. Síťová oblast služeb je oblast, která zahrnuje všechny dostupné ulice (ulice, které leží ve stanovené impedanci). Například 10-ti minutová oblast služeb pro zařízení zahrnuje všechny ulice, které mohou být dosaženy do 10 minut od uvedeného zařízení.



Obr. 1.23: Oblast služeb: Najděte všechny silnice dostupné do 10-ti minut z budovy a poté tyto silnice ohraničte polygonem [16]

Co je dostupnosť? Dostupnosť odkazuje na to, jak snadné je jíť na určité místo. V ArcGIS Network Analyst může být dostupnosť měřena z hlediska cestovního času, vzdálenosti nebo jakékoli jiné impedance v síti. Hodnocení přístupnosti pomáhá odpovědět na základní otázky, jako například, kolik lidí žije v 10-ti minutách jízdy od kina? nebo kolik zákazníků žije v půlkilometrové pěší vzdálenosti od samoobsluhy? Zkoumání dostupnosti vám pomůže určiť jaké je vhodné místo pro nové podnikání. To vám také může pomoci určit, co je blízko existujícího podniku, což vám napomůže promyslet další marketingová rozhodnutí.

Jeden jednoduchý způsob, jak zhodnotit dostupnost, je podle bufferové vzdálenosti kolem bodu. Například můžete zjistit, kolik zákazníků žije v okruhu 5-ti kilometrů od místa pomocí jednoduchého kruhu. Avšak vzhledem k tomu, že lidé jezdí po silnicích, nebude tato metoda odrážet skutečnou přístupnost k místu. Sítě služeb vypočítané ArcGIS Network Analyst mohou překonat tato omezení určením přístupných ulic do vzdálenosti pěti kilometrů od místa přes silniční sítě. Po vytvoření můžete využít sítě služeb tak, aby jste viděli, co je podél přístupných ulic, například najít konkurenční podniky v rámci 5-ti minutové jízdy.



Obr. 1.24: Oblast služeb: Vygenerujte ulice, které jsou z budovy dostupné do deseti minut [16]

Rozmanité soustředné oblasti služeb ukazují, jak se dostupnost mění s nárůstem impedance. To může být použito například k demonstraci počtu nemocnic, které jsou v 5-ti, 10-ti a 15-ti minutách dosažitelné ze škol. [16]



Obr. 1.25: Oblast služeb: Vygenerujte polygony zobrazující 5-ti, 10-ti a 15-ti minutovou dostupnost [16]

1.5.5 Co je dataset?

Síťový dataset se dobře hodí k modelu dopravní sítě. Datasety jsou vytvořeny ze zdrojových funkcí, které mohou zahrnovat jednoduché prvky (linie a body) a otočky a ukládat spojení zdrojových vlastností. Při provádění analýzy pomocí ArcGIS Network Analyst, se analýza vždy děje v síťovém datasetu. Modely síťového datasetu uliční sítě jsou uvedeny v grafice níže. Grafika upozorňuje, že jednosměrné ulice, zákazy odbočení a nadjezdy (tunely) mohou být modelovány. Analýzy, které jsou prováděny na síti, jako cesta od stanice 1 do stanice 2, respektují tyto a další vlastnosti síťového datasetu.



Obr. 1.26: Modely síťového datasetu uliční sítě [16]

Abychom pochopili konektivitu a proč je důležitá, vezměme v úvahu, že funkce si obvykle nejsou sebe navzájem vědomy. Například, jestliže se dvě linie protínají, ani jedna si není vědoma té druhé. Podobně nemá bodový prvek na konci liniového prvku žádné vlastní informace, které mu umožní o linii vědět. Nicméně, síťový dataset udržuje informaci o tom, které funkce jsou prvky shodné. To má takovou politiku konektivity, která se může upravit a dále definovat, které shodné prvky jsou skutečně spojeny. Tímto způsobem je možné modelovat nadjezdy a podjezdy bez nutnosti připojení silnice. Když je provedena analýza sítě tímto způsobem, tak řešitelé vědí, jaké cesty podél sítě jsou proveditelné. [16]

1.5.6 Algoritmy užité v Network Analyst

Výpočet oblasti služeb je založen na Dijkstrově algoritmu pro procházení sítě. Jeho cílem je vrátit podmnožinu prvků spojených hran tak, aby byly ve stanovené vzdálenosti sítě nebo mezními náklady, kromě toho může vrátit kategorizované linie podle souboru zlomových hodnot, do kterých může hrana spadat. Řešitel oblasti služeb může generovat linie, polygony obklopující tyto linie, nebo obojí. [16]

Dijkstrův algoritmus

Jedním z často používaných algoritmů pro nalezení nejkratší cesty grafem G je Dijkstrův algoritmus. Provádí opakovanou relaxi hran, představuje modifikovaný postup prohledávání do šířky. Patří do skupiny hladových algoritmů, které se opakovaným hledáním lokálního minima snaží najít globální minimum.

Princip Dijkstrova algoritmu využívá postupného zpřesňování odhadu nejkratší délky od výchozího uzlu s do cílového uzlu k. Hodnota d[v] je aktuální odhad nejkratší vzdálenosti k uzlu v, hodnota w[u][v] představuje ohodnocení hrany (u, v), d[u] je aktuální odhad nejkratší vzdálenosti k uzlu u. Pokud d[u] + w[u][v] < d[v], hodnota d[u] + w[u][v] představuje nový odhad nejkratší vzdálenosti d[v]. Při relaxaci je v každém kroku vybrán takový vrchol u, který má nejmenší hodnotu d[u].

Postup Dijkstrova algoritmu je následovný. Uzly budou uloženy v prioritní frontě Q. Označme počáteční uzel grafu, od kterého bude hledání probíhat, jako S. Postup lze rozdělit do několika kroků. V prvním kroku provedeme inicializaci vstupních hodnot: d(u) = 0, p(u) = 0, pro $u \neq v \ d(u) = \infty$. Všechny uzly setřídíme podle hodnot d(u) a umístíme do Q.

Z prioritní fronty vybíráme uzel s nejmenší hodnotou d(u). Při prvním průchodu bude vybrán uzel s, který má jako jediný přiřazen vzdálenost 0. Tento uzel odebereme z množiny Q, označíme ho jako uzavřený. Provedeme relaxaci na všechny uzly
s ním incidující a spočítáme odhad hodnoty d(v). Tímto postupem každému incidujícímu uzlu přiřadíme celkové ohodnocení (tj. sumu dílčích ohodnocení) od bodu s. Pokud je nové ohodnocení uzlu menší než původní, nahradíme ho novou hodnotou. V dalším kroku nalezneme uzel s minimální hodnotou d(u), který není uzavřený, a z něj provádíme relaxace na ostatní uzly. Stejným způsobem pokračujeme, dokud existuje nějaký otevřený uzel (tj. dokud Q není prázdná).



Obr. 1.27: Hledání nejkratší cesty prostřednictvím Dijkstrova algoritmu [17]

Výslednou nejkratší cestu rekonstruujeme zpětně od cílového uzlu tak, že předchozí bod nejkratší cesty tvoří uzel, ze kterého byla provedena relaxace, tj. předchůdce *p*. Uzly tvořící nejkratší cestu jsou uloženy pozpátku v matici předchůdců *P*.



Obr. 1.28: Nejkratší cesta grafem vyjádřená jako posloupnost předchůdců [17]

2 Praktický příklad užití

Program, který ke zpracování dat využiji, je program ArcGIS verze 10, od kterého mám k dispozici extenzi programu Network Analyst věnující se problematice síťových analýz. Jelikož není tato extenze na našem studijním oboru prozatím využívána, chci můj pracovní postup zpracovat podrobněji (doplněný několika grafickými ilustracemi).

K dispozici máme data ZABAGED ZM10 (Základní mapa 1:10 000), přesněji čtverec 03-14-22 (pokrývá oblast sídliště Rochlice), demografická data obsahují počty obyvatel jednotlivých budov (k poslednímu sčítání lidí, domů a bytů z roku 2001). Dále disponujeme rastrem se zákresem vyprojektovaných zastávek a podkladovým ortofotem.

2.1 Nastavení souřadnicového systému

Nejprve si musíme nastavit souřadnicový systém u dat ZABAGED. Z toho důvodu si otevřeme *ArcCatalog*, pravým tlačítkem klikneme na příslušný shapefiele (v našem případě se jedná o *Cesta.shp*, *Pesina.shp*, *SilniceDalnice.shp* a *Ulice.shp*, které jsou všechny typu line features).

ArcCatalog - ArcInfo - C:\Users\Klára\Desktop\Zestra File Edit View Go Geoprocessing Customiz ▲ ▲ ● <td< th=""><th>BAKALARKA\ZABAGED_SHP\63311 e Windows Help □ □ □ □ □ 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2</th><th>●</th></td<>	BAKALARKA\ZABAGED_SHP\63311 e Windows Help □ □ □ □ □ 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	●
Catalog Free 4 X 6 63311 6 ArealUceloveZastavby. 7 ArealUceloveZastavby. 8 BodPolohovehoPole 9 BodPolohovehoPole 9 Brehovka 10 BudovBlokBudov 9 Cesta 9 DefinicniBodAresnihoMis 10 DefinicniBodAresnihoMis 10 DefinicniBodAresnihoMis 10 DefinicniBodAresnihoCell 10 DefinicniBodAresnihoCell 10 DefinicniBodAresnihoMis 11 DefinicniBodAresnihoMis 12 DefinicniBodAresnihoMis 13 DefinicniBodAresnihoMis 14 DefinicniBodAresnihoMis 15 DefinicniBodAresnihoMis 15 DefinicniBodAresnihoMis 16 HraniceSpravnihednottyak 16 HraniceSpravnihednottyak 16 HraniceSpravnihednottyak 16 HraniceSpravnihednottyak 16 HraniceSpravnihednottyak	Contents Preview Description Name Stalia Stalia Stalia Stalia Stalia Stalia Stalia Stalia Stalia Stalia Stalia Stalia Stalia Stalia Stalia Stozar Elektrickeho Vedeni Stozar Elektrickeho Vedeni Travaly Travni Porost Stozar Stalia Stalia Valcova Nadrz Zasobnik Valcova Nadrz Zasobnik Velkopiosne Zvlaste Chranene Uz	Type Shapefile Shapefile

Obr. 2.1: Okno ArcCatalogu

Z rolety vybereme kolonku Properties..., poté záložku XY Coordinate System. Zde se přes tlačítko Select proklikáme na požadovaný souřadnicový systém (v našem případě Select \rightarrow Projected Coordinate Systems \rightarrow National Grids \rightarrow Europe \rightarrow S-JTSK Krovak EastNorth.prj). Po nastavení souřadnicového systému u všech shapefilů zavřeme ArcCatalog.

Shapefile Propertie	s 门 👘
General XY Code	dinate System Z Coordinate System Fields Indexes
Name:	S-JTSK_Krovak_East_North
Details:	
Projection: Krr False_Easting False_Northin Pseudo_Stanc Scale_Factor: Azimuth: 30,2 Longitude_Of Latitude_Of_C X_Scale: 1,00 Y_Scale: 1,00 XY_Plane_Rot Linear Unit: M	vak ▲ \$0,000000 \$2;0,000000 \$0,999900 \$8:140 Center: 24,83333 Center: 24,83333 Center: 49,500000 0000 0000 abon: 90,00000 abon: 90,00000 bbon: bbon:
Geographic Co	oordinate System: GCS_S_JTSK 👻
Select	Select a predefined coordinate system.
Import	Import a coordinate system and X/Y, Z and M domains from an existing geodataset (e.g., feature dataset, feature dass, raster).
New •	Create a new coordinate system.
Modify	Edit the properties of the currently selected coordinate system.
Clear	Set the coordinate system to Unknown.
Save As	Save the coordinate system to a file.
	OK Stomo Použít

Obr. 2.2: Okno Properties s nastaveným souřadnicovým systémem

2.2 Načtení shapefilů

Po spuštění programu ArcMap 10 načteme data: File \rightarrow Add Data \rightarrow Add Data... Postupně se proklikáme do složky se shapefily, které chceme načíst a přidáme je tlačítkem Add.



Obr. 2.3: Načtení dat



Obr. 2.4: Načtená data

2.3 Načtení podkladové ortofotomapy

Pro lepší orientaci a následnou vektorizaci si načteme podkladovou ortofotomapu. Postupujeme obdobně jako při načítání dat: $File \rightarrow Add \ Data \rightarrow Add \ Data...$ Následně se proklikáme do nejvyšší možné složky. Zde pokračujeme do složky *GIS Servers* $\rightarrow Add \ WMS \ Server$. Ve vyběhnuvší tabulce vyplníme adresu [19]. Stiskneme tlačítko *Get Layers* a potvrdíme.

JRL:	http://geoportal.gov.cz/ArcGIS/	services/CENIA/cenia_rt_ortofoto	mapa_aktuair
ixamples: Version: Server Laye	http://www.myserver.com/arcgis, http://www.example.com/servlet, Default version	'services/mymap/MapServer/NMt com.esri.wms.Esrimap?ServiceNa	Server? me=Name&
Get La	yers Li conforcenapa_aktualni yers - ortofotomapa aktualni 50 cm	Name: WMS 1.3.0 Abdract: WMS	*
Account (Op	tional)		*
User:			
			4

Obr. 2.5: Načtení WMS vrstvy

Dále musíme nastavit souřadnicový systém: pravým tlačítkem klikneme na přidanou vrstvu ortofotomapy \rightarrow Change Coordinate System a v následující tabulce vybereme systém S-JTSK_Krovak_East_North a potvrdíme.

pported by t	you change the coordinate system of this data frame to one that is ne WMS service(s) it contains.
ange the da	ta frame's coordinate system to be a coordinate system supported by
🔿 al lavers 1	from any WMS service in this map:
	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
al lavers i	n the currently selected WMS service:
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	

Obr. 2.6: Nastavení souřadnicového systému



Obr. 2.7: Načtená ortofotomapa

2.4 Vektorizace

Vektorizace je v tomto případě nutná, jelikož nejsou data ZABAGED dostatečně podrobná (například cestičky uvnitř sídlišť). Řečeno ve zkratce použijeme *Editor*, v němž budeme přikreslovat jednotlivé cestičky, v našem případě do vrstvy *Pesiny*.



Obr. 2.8: Přiblížení plochy sídliště před vektorizací

Nejprve si musíme zaktivovat samotný $Editor: Customize \rightarrow Toolbars \rightarrow Editor.$ Na liště Editoru poté klikneme: $Edit \rightarrow Start Editing$. Na pravé straně se poté zobrazí okno Editoru, kde si vybereme vrstvu, do které budeme vektorizovat (v našem případě Pesiny). Tvar kurzoru se změní na křížek, který se napojuje na ostatní linie. Linii zakončujeme klávesou F2.



Obr. 2.9: Mód Editoru

Po dokončení vektorizace vybereme z menu *Editoru*: *Editor* \rightarrow *Save Edits*, poté *Editor* \rightarrow *Stop Editing* (uloží se změny, které jsme v *Editoru* provedli a zmizí pravé okno *Editoru*).



Obr. 2.10: Přiblížení plochy sídliště před vektorizací

Následně je nutné vytvořit samostatnou vrstvu vektorizace - oddělit z vrstvy Pesina nové vrstvy Pesina_2 (což jsou původní data ve vrstvě Pesina) a vektorizace (což jsou nová data získaná vektorizací). V atributové tabulce je patrné, že se nová data získaná vektorizací liší od těch původních tím, že hodnota ID je 0 (u původních dat je hodnota nenulová). Nejprve si vytvoříme vrstvu vektorizace. Použijeme funkci Selection By Attributes dostupné z menu: Selection \rightarrow Select By Attributes.... Jako vrstvu ze které vybíráme prvky je v našem případě vrstva Pesina a dotaz má podobu ID = 0.

Select By Attributes	3 ×
Layer: 🔗 Pesina	•
Method: Create a new selection	•
"FID" "ID" "JMENO"	7
5783 5784	-
Is Get Unique Values Go To:	
SELECT * FROM Pesina WHERE:	
"ID" = 0	*
Clear Verify Help Load	Save
OK Apply	Close

Obr. 2.11: Výběr prvků vektorizace

Po potvrzení se nám vyberou vektorizované prvky, abychom z nich ale vytvořili novou vrstvu, musíme provést následující: pravým tlačítkem kliknout na vrstvu $Pesina \rightarrow Data \rightarrow Export Data$. Exportujeme vybrané prvky (*Export: Selected Features*, následně si vybereme umístění nové vrstvy a formát shapefile (*.shp).



Obr. 2.12: Cesta k exportování dat

Export:	Selected features
Use the s	ame coordinate system as:
O this lay	ver's source data
🔿 the da	ta frame
the feature (only a contract)	sture dataset you export the data into applies if you export to a feature dataset in a geodatabase)
Output fe	ature dass:
C:\Usen	s\Klára\Desktop\Zestra\BAKALARKA\Export_Output.shp 🛛 🔗

Obr. 2.13: Export - výběr prvků vektorizace

Obdobně vytvoříme vrstvu $Pesina_2$ pouze s rozdílným atributovým dotazem: ID>0.

2.5 Vytvoření vrstvy komunikace

Nyní si spojíme jednotlivé vrstvy Cesta, Pesina_2, SilniceDalnice, Ulice a vektorizace, abychom mohli později vytvořit síťový graf. Ke spojení vrstev využijeme funkci Merge: Geoprocessing \rightarrow Merge. Za vstupní vrstvy vybereme již zmíněné: *Cesta, Pesina_2, SilniceDalnice, Ulice* a *vektorizace.* Výstupní vrstvu si pojmenujeme *komunikace.* Po potvrzení nám vznikne nová vrstva (chvíli to trvá).



Obr. 2.14: Funkce Merge - spojení více vrstev do jedné

2.6 Příprava na tvorbu síťového grafu

Nyní si upravíme atributovou tabulku. Vymažeme si sloupce, které nepotřebujeme (klikneme na ně pravým tlačítkem a vybereme *Delete Field*), zbydou nám pouze tři sloupce *FID*, *Shape*, *ID*. Dále si tři sloupce vytvoříme: *Add Field*. Sloupce pojmenujeme *Metres*, *TF_Minutes* a *FT_Minutes*, typ volíme *Double*.

Sloupce pojmenováváme takto, aby jsme si později ulehčili práci při tvorbě síťového datasetu (sám tyto sloupce pozná a vloží). Nyní musíme sloupce naplnit hodnotami. U sloupce *Metres* použijeme funkci *Calculate Geometry...*, kde zadáme, že chceme vypočítat délku v metrech.



Obr. 2.15: Vzhled atributové tabulky po přidání nových sloupců, před naplněním

Calculate Geon	netry	8 23
Property:	Length	•
Coordinate S	ystem	
Our Use coord	inate system of the data source	:
PCS: S-J	TSK Krovak East North	
© Use coord PCS: S-	inate system of the data frame: ITSK Krovak East North	
Units:	Meters [m]	•
Calculate se	elected records only	
Help]	OK Cancel

Obr. 2.16: Výpočet délky linií

U sloupců $TF_Minutes$ a $FT_Minutes$ postupujeme stejně (stejný výpočet), jelikož je čas projití linie tam i zpět stejný, přičemž počítáme s průměrnou rychlostí chůze 4,5 km/h (což je 75 m/s) [18]. Hodnotu získáme pomocí funkce *Field Calculator...*, kde se jedná o výpočet: $TF_Minutes = Metres/75$. Stejně získáme i hodnotu $FT_Minutes$.



Obr. 2.17: Výpočet času potřebného k projití linie

unik	ace					
FID	Shape	ID	Metres	TF Minutes	FT Minutes	
0	Polyline ZM	2873	85,348863	1,137985	1,137985	
_1	Polyline ZM	5792	177,329392	2,364392	2,364392	
2	Polyline ZM	1399	90,417026	1,20556	1,20556	
3	Polyline ZM	1399	72,459946	0,966133	0,966133	
4	Polyline ZM	1399	136,606845	1,821425	1,821425	
5	Polyline ZM	8763	151,192522	2,0159	2,0159	
6	Polyline ZM	1398	33,235227	0,443136	0,443136	
7	Polyline ZM	3454	30,546461	0,407286	0,407286	
8	Polyline ZM	2873	81,638322	1,088511	1,088511	
9	Polyline ZM	5793	21,164685	0,282196	0,282196	
10	Polyline ZM	1813	346,705996	4,622747	4,622747	
11	Polyline ZM	1906	64,905326	0,865404	0,865404	
12	Polyline ZM	2615	213,795998	2,850613	2,850613	
13	Polyline ZM	1834	308,059586	4,107461	4,107461	
14	Polyline ZM	2678	277,939794	3,705864	3,705864	
15	Polyline ZM	2859	25,216042	0,336214	0,336214	
16	Polyline ZM	5785	161,197917	2,149306	2,149306	
17	Polyline ZM	5788	302,389648	4,031862	4,031862	
18	Polyline ZM	2615	205,438	2,739173	2,739173	
19	Polyline ZM	2455	77,604518	1,034727	1,034727	
20	Polyline ZM	2397	41,197296	0,549297	0,549297	
21	Polyline ZM	2211	73,182274	0,975764	0,975764	
22	Polyline ZM	2397	176,940046	2,359201	2,359201	
23	Polyline ZM	2615	64,957255	0,866097	0,866097	
24	Polvline ZM	2397	79.507282	1.060097	1.060097	

Obr. 2.18: Výsledná podoba atributové tabulky vrstvy komunikace

2.7 Zapnutí extenze Network Analyst

Abychom mohli vytvářet síťové analýzy, musíme mít zapnutou extenzi Network Analyst. V menu volíme: Customize \rightarrow Extensions, kde zaklikneme extenzi Network Analyst.

Nyní si ještě musíme zapnout samotné menu této extenze: Customize \rightarrow Toolbars \rightarrow Network Analyst. Nyní máme možnost vytvářet síťové analýzy, ale když rozkliknete roletu Network Analyst, tak nejsou analýzy aktivní, jelikož ještě nemáme vytvořen síťový dataset.

2.8 Tvorba síťového datasetu

Abychom mohli vytvořit síťový dataset, jsme si předem vytvořili vrstvu komunikace. Nyní si zapneme okno ArcCatalogu.



Obr. 2.19: Zapnutí programu ArcCatalog přímo v programu ArcMap - umístěn na pravé straně

V ArcCatalogu si najdeme naši vrstvu komunikace a klikneme na ni pravým tlačítkem - z rolety si vybereme možnost New Network Dataset. Následně se nám zobrazí průvodce tvorby síťového datasetu. Nejprve jsme dotázáni k zadání názvu datasetu - v našem případě komunikace_network_dataset.

classes which act as netwo associated with them.	ork sources and have a c	onnectivity policy and	attributes	
Enter a name for your netw komunikace_network_dat	rork dataset: aset			

Obr. 2.20: Zadání názvu síťového datasetu

Následně zaklikneme, že nechceme vytvářet žádné otočky - pro pěší chodce to nemá význam.

ew Network Dataset	0.158	C. M.	100	े X
Do you want to model turns in this ne	work?			
No				
Yes				
Tum Sources:				
U Cuiddal Turns>				
		< Zpět	Další >	Stomo

Obr. 2.21: Zadání otoček

Dále nastavíme konektivitu v námi tvořené síti, klikneme tedy na tlačítko Connectivity....

New Network Dataset	2 X
2	
The default connectivity settings for network datasets establish connectivity only at coincident endpoints of line features during the build process.	
If you want to use different connectivity settings, click the Connectivity button below. You can change the connectivity settings now, or you can change them after the network dataset has been created.	
Connectivity	
< Zpět Další >	Stomo

Obr. 2.22: Nastavení konektivity

Poté zvolíme možnost *Any Vertex* (implicitně je nastavena možnost *End Point*), jelikož tato možnost vytvoří uzly na všech místech, kde se stýkají dvě linie (oproti implicitní volbě, která vytvoří uzly pouze na koncích linií).

Connectivity Groups:	
Source	Connectivity Po 1
komunikace	Any Vertex V End Point

Obr. 2.23: Nastavení konektivity - Any Vertex

V dalším kroku průvodce nastavíme, že nechceme modelovat nadmořskou výšku (pro náš případ modelování je výška nepotřebná).

Jsing Z Coordinate Values Jsing Elevation Fields	rom Geometry	
Source	End	Field
komunikace komunikace	From End To End	

Obr. 2.24: Nastavení užití nadmořské výšky

Následující krok je již předvyplněn, jelikož jsme si chytře pojmenovali sloupce atributové tabulky *Metres*, $TF_Minutes$ a $FT_Minutes$. Zde jsou vybrány sloupce, které se na analýze budou využívat.

ø	Name	Usage	Units	Data Type	Add
0	Meters Minutes	Cost Cost	Meters Minutes	Double Double	Remove
					Remove All
					Rename
					Duplicate
					Ranges
					Parameters
					Evaluators

Obr. 2.25: Předvyplněná tabulka hodnotami ze sloupců atributové tabulky

6	N	ame	Usage	Units	Data Type	Add
	N	leters	Cost	Meters	Double	Demous
•	8	Add Remove	<u> </u>	Minutes	Double	Remove All
		Remove All				Rename
0	 Image: A start of the start of	Use By Default Use Time Zones	×			Duplicate
		Rename Duplicate	F2			Parameters
		Ranges Parameters				Evaluators

Obr. 2.26: Jako defaultní volba pro následné síťové analýzy je volena hodnota ${\it Minutes}$

	Meters		-			
tribute '	Values:					
Source	Values Default	Values				
! !	Source	Direction	Element	Туре	Value	
	komunikace komunikace	From-To To-From	Edge Edge	Field Field	Metres Metres	

Obr. 2.27: Po kliknutí na tlačítko *Evaluators…* jsou opět předvyplněné hodnoty pro metry

	Minutes		•			
oun	rce Values: Default Valu	Jes				
!	Source	Direction	Element	Туре	Value	_
	komunikace komunikace	From-To To-From	Edge Edge	Field Field	FT_Minutes TF_Minutes	×

Obr. 2.28: Po kliknutí na tlačítko *Evaluators…* jsou opět předvyplněné hodnoty pro minuty

Další krok je pouze informativní, že nechceme nastavit směry jízdy apod. (u chodců nepotřebujeme - neexitují jednosměrné ulice pro chodce apod.).

Do you want to establish driving directions settir	ngs for this network dataset?
No	
) Yes	
You can use the default Directions settings below to specify the settings. You can chan can change them after the network dataset	or you can click the Directions button nge the direction settings now, or you t has been created.
Directions	

Obr. 2.29: Nastavení směrů jízdy

V posledním kroku se nám zobrazí sumář všech hodnot, které jsme v průběhu průvodce nastavili. Průvodce ukončíme tlačítkem *Finish*.

iummary:		
Name:komunikace_network_dataset Type:Shapefile-Based Network Dataset		^
Sources: Edge Sources: komunikace		=
Connectivity: Group 1; Edge Connectivity: komunikace (Any Vertex)		
Elevation Model: None		
Attributes: Minutes: Usage Type: Cost Unts Type: Ninutes Use by Default: True Source Attribute Evaluators:		

Obr. 2.30: Závěrečný sumář zadaných hodnot - 1. část

Následně jsme dotázáni, zda chceme novou síť vybudovat, což potvrdíme.



Obr. 2.31: Dotázání na vybudování nové sítě

Nakonec potvrdíme, že chceme přidat všechny použité třídy prvků. Výsledkem jsou vrstvy komunikace, komunikace_network_dataset (liniová vrstva hran) a komunikace_network_dataset_Junctions (bodová vrstva uzlů).



Obr. 2.32: Výsledek tvorby síťového datasetu

2.9 Georeferencování podkladu projektu

Abychom mohli provést síťovou analýzu, potřebujeme zadat souřadnice jednotlivých zastávek - *Facilities*. Jelikož se mi nepodařilo získat přesné souřadnice, ale pouze nákres se znázorněnými lokacemi zastávek [13], je nutné ho natransformovat.

Nejprve si musíme zapnout příslušný toolbar: Customize \rightarrow Toolbars \rightarrow Georeferencing.



Obr. 2.33: Toolbar Georeferencing

Obdobně jako přidáváme vrstvy, přidáme rastr, v našem případě *tram_zast.jpg*, který budeme georeferencovat. Při přidávání vyběhne tabulka, zda chceme vytvořit pyramidy, což potvrdíme.

Create pyramids 🔐 tram_zast.jpg (3000 x 1237)					
This raster data source does not have pyramids. Pyramids allow for rapid display at varying resolutions.					
Pyramid building may take a few moments. Would you like to create pyramids?					
Help	Yes No Cancel				
Use my choice and d	lo not show this dialog in the future.				

Obr. 2.34: Dotaz na vytvoření pyramid

Nyní přejdeme k samotnému georeferencování. Klikneme pravým tlačítkem myši na ikonu rastru a zobrazíme si ho na obrazovku - *Zoom To Layer*. Nyní klikneme na ikonu *Add Control Points* a začneme spojovat identické body v rastru a na podkladu.



Obr. 2.35: Ikona Add Control Points

Nejdříve klikneme na rastr (zelený křížek), pak na cílovou mapu - ortofoto (červený křížek). Po každé dvojici bodů se rastr upravuje. V mém případě stačilo zadání dvou kontrolních bodů.

ink Table	1.0	100		110	3	X
Link	X Source	Y Source	Х Мар	Ү Мар	Residual	\mathbf{X}
1 Jos 2	1756,634846 2331,544711	-764, 196739 -237,013393	-687421,338582 -687429,844623	-975304,770723 -975743,793293		
۲ 💽 Auto Ad	just	Transformation:	III 1st Order Poly	ynomial (Affine)	4	
Total RMS E	Fror:					
Loa	ad	Save	Restore Fr	om Dataset	ОК	

Obr. 2.36: Přehled kontrolních bodů



Obr. 2.37: Výsledek georeferencování

2.10 Vytvoření oblasti služeb

Nyní máme již volbu *New Service Area* z menu *Network Analyst* aktivní. Po jejím spuštění se v obsahu vrstev zobrazí další vrstva pojmenovaná *Service Area*.



Obr. 2.38: Zaktivovaná volba New Service Area



Obr. 2.39: Nová vrstva Service Area

Následně musíme zadat jednotlivé tramvajové zastávky podle připraveného rastru. V menu *Network Analyst* klikneme na ikonu, která nám zobrazí podrobné okno *Service Area* (zobrazí se nalevo od obsahu vrstev), kde klikneme na vrstvu *Facilities*, poté v menu *Network Analyst* klikneme na ikonu *Create Network Location Tool* a klikáním na dataset vložíme jednotlivé zastávky tak, aby byly obsaženy ve žlutých kruzích (v našem případě to je pět zastávek).



Obr. 2.40: Zadání zastávky uvnitř žlutého kruhu



Obr. 2.41: Přidané zastávky - Facilities

Nyní je potřeba nastavit parametry analýzy - klikneme pravým tlačítkem myši na $Service\;Area\to Properties....$



Obr. 2.42: Cesta k nastavení oblasti služeb

Nás zajímají dvě záložky - *Analysis* a *Polygon*. Nejprve začneme záložkou *Analysis*. Zde nastavíme *Impedance: Minutes*, *Default Breaks: 3 6 9 12 15*, což nastavuje hranice polygonů (tedy 0 - 3 minuty, 3 - 6 minut, atd.). Ostatní nastavení ponecháme.

Line Ger	neration	Accur	mulation		Network Locations	
General Layers		Source Analysis Settings		ttings	Polygon Generation	
Settings			Restri	ictions		
Impedance:		ites (Minutes)	•			
Default Breaks:	36	3 6 9 12 15				
Direction:						
Away From A Away Frow A Awa	m Facility					
Towards F	acility					
U-Turns at Junctions:		ved	-			
Ignore Invali	d Locations					

Obr. 2.43: Nastavení záložky Analysis

Nyní nastavíme záložku Polygon Generation. Zde nastavíme Polygon Type: Generalized, jelikož chceme vytvořit polygony, které lépe pokryjí zájmovou oblast. Dále nastavíme hodnotu Trim Polygons na 100, čímž rozšíříme oblast kolem komunikací o 100 metrů. Poté nastavíme oddíl Multiple Facilities Options na Merge by break value, což nám propojí polygony z více zastávek, které se stýkají. Nakonec nastavíme Overlap Type na Rings, což je vhodnější pro následující statistiky.



Obr. 2.44: Nastavení záložky Polygon generation

Nyní můžeme spustit samotné vytvoření polygonů, které provede tlačítkem Solve z menu Network Analyst.



Obr. 2.45: Ikona pro spuštění vytvoření polygonů



Obr. 2.46: Výsledné oblasti služeb

2.11 Výpočet statistik

Nyní budeme povětšinou používat funkce, které jsme si již objasnili, postup bude tedy stručnější. Nejprve si načteme vrstvu *BudovaBlokBudov.shp*, zobrazující zástavbu a vrstvu obyvatelstva *csu_bud_pnt.shp*, která obsahuje bodovou vrstvu budov obsahující data o počtu obyvatel jednotlivých budov (ze sčítání lidí, domů a bytů z roku 2001).



Obr. 2.47: Načtené vrstvy BudovaBlokBudov a csu_bud_pnt

Dále si vytvoříme vrstvu zobrazující zájmové území. Nejprve si načteme WMS vrstvu zobrazující katastrální území [20]. Tu poté zvektorizujeme (například opět do vrstvy Pešiny) a poté novou linii exportujeme jako liniovou vrstvu $Rochlice_u_Li-berce$. Pro další práci ale potřebujeme mít tuto vrstvu ve formě polygonu, což provedeme funkcí Feature to Polygon: $ArcToolbox \rightarrow Data Management Tools \rightarrow Features \rightarrow Feature to Polygon$.



Obr. 2.48: Nastavení funkce Feature to Polygon

Nyní si musíme uložit jednotlivé polygony jako jednotlivé vrstvy, abychom mohli provádět další analýzy. Vybereme polygony jeden po druhém a exportujeme je zvlášť jako nové vrstvy *Polyon0_3* až *Polygon12_15* (celkem tedy pět polygonů).

Následně využijeme funkci Clip: Geoprocessing \rightarrow Clip, kde nastavíme Input: na vrstvu, kterou chceme ořezat, např. csu_bud_pnt a za Clip feature: nastavíme vrstvu Rochlice_u_Liberce_polygon, podle které budeme ořezávat. Vznikne tedy vrstva obsahující pouze body, které ležely v polygonu. Obdobně ořežeme vrstvy BudovaBlokBudov, komunikace, Service Area\Facilities, Polygon0_3 až Polygon12_15.

Dále využijeme funkci Select by Location: Selection \rightarrow Select By Location....

Select By Location	x
Select features from one or more target layers based on their location in relation to the features in the source layer.	
Selection method:	
select features from	•
Target layer(s):	
☐ clp_Facilities ☑ clp_csu_bud_pnt ☐ cu_bud_pnt ☐ cu_budva8lokBudov ☐ ch_budva8lokBudov ☑ Only show selectable layers in this list	4
Source layer:	
Polygon12_15	-
Use selected features (0 features selected)	
Spatial selection method:	
Target layer(s) features intersect the Source layer feature	•
Apply a search distance	_
Help OK Apply Close	

Obr. 2.49: Funkce *Select By Location* s nastavenými parametry, které vyberou body vrstvy *clip csu bud pnt*, které protínají polygon *Polygon0 3*

Po vybrání bodů náležících určitému polygonu otevřeme atributovou tabulku $clip_csu_bud_pnt$, kde si zaklikneme zobrazení pouze vybraných prvků - Show selected records, klikneme pravým tlačítkem myši na sloupec celkem \rightarrow Statistics..., načež se nám zobrazí tabulka, která v kolonce Sum: zobrazuje počet osob bydlících ve vybraném polygonu. Takto provedeme statistiku pro všechny polygony.

Table		D	-		100 - 10 - 10 A # 2	×
°	- E	h • 📭	N 🖸 🥑	X		
	bud	net				Y
CSU_	buu_	pric	I 6			
	FID	Shape	id celk	en 🛓	Sort Ascending	
	1	Point	0	1 📰	Sort Descending	
	2	Point	0	1	Advanced Serting	
H-	3	Point	0	_	Advanced sorting	
H	5	Point	0	-	Summarize	
	6	Point	0	Σ	Statistics	
	7	Point	0		65	
	8	Point	0		Field Calculator	
	10	Point	0	-	Calculate Geometry	
	11	Point	0	_	Turp Field Off	
	12	Point	0			
	13	Point	0	_	Freeze/Unfreeze Column	
	14	Point	0		Delete Field	
	16	Point	0			
	17	Point	0	2 🚰	Properties	
	18	Point	0	0		
	19	Point	0	0		
	20	Point	0	0		
	22	Point	0	ŏ		
	23	Point	0	0		
	24	Point	0	0		•
I	•		0 > >1		(0 out of 834 Selected)	
csu	bud	pnt				

Obr. 2.50: Cesta k funkci Statistics...



Obr. 2.51: Statistika zobrazující počet lidí žijících v pěší dostupnosti 0 až 3 minut od tramvajové zastávky

Na závěr celý postup zopakujeme (úplně od začátku) pro analýzu oblasti služeb s tím rozdílem, že přidáme další zájmová zařízení, tedy přidáme k tramvajovým zastávkám ještě autobusové zastávky.

Závěr

Cílem mé práce bylo vypracovat síťovou analýzu pro oblast sídliště Rochlice a v té souvislosti vypracovat pracovní postup extenze Network Analyst – konkrétně oblast služeb, což se mi podařilo.

V pracovním postupu jsem se snažila o co nejpodrobnější postup, aby bylo jednoduché ho případně zopakovat. V postupu jsem také využila několik poznatků z předchozích předmětů věnovaných programu ArcGIS (např. georeferencování, vektorizace, transformace, ...), což naznačuje, že by výuka této extenze mohla volně navazovat na naše předchozí studium.

Pokud se jedná o zpracování samotné analýzy, tak jsem narazila na drobné problémy. Po vytvoření polygonů, které zobrazují časovou dostupnost, se u zastávek Ševčíkova a Krejčího při užití sítě s vlastními vektorizovanými liniemi zobrazovaly hranice polygonů dle mého názoru nepředvídatelně. Polygony se oproti předpokladu nelogicky přibližovaly k zastávce viz. následující obrázek.



Obr. 2.52: Zobrazení špatné tvorby polygonů v oranžově zvýrazněné oblasti

Při hledání problému jsem zjistila, že se při tvorbě síťového datasetu (tedy hran a uzlů komunikací) netvoří na všech kříženích uzly, i když bylo nastaveno pravidlo *Any Vertex*, což způsobilo zmíněné problémy. Abych mohla tuto chybu opravit, využila jsem funkce *Topology*, kdy jsem kontrolovala vzájemně nepřichycené a nedotažené či duplicitní linie. Ale ani tato oprava nebyla dostačující. Následně jsem musela vizuálně kontrolovat místa, kde se podle síťového datasetu uzly nevytvořily a takové místo znovu editovat. Po této opravě už proběhl výpočet oblasti služeb dle předpokladů. Důvod, proč nedošlo k tvorbě uzlů, si vysvětlit nedokážu.

Výsledkem je dvojí analýza pro samostatné tramvajové zastávky (Příloha A) a poté pro zastávky tramvajové a autobusové (Příloha B), které obsluhují oblast sídliště Rochlice. Jako směrodatnou uvažuji variantu, která využívá obojí dopravní prostředky, jelikož tím lépe prezentuji nastalou situaci. A tedy, že 25% obyvatel sídliště bydlí v pěší dostupnosti do 3 minut (3480 osob), 59% obyvatel do 6 minut (7922 osob), 15% obyvatel do 9 minut (2086 osob) a nakonec 1% do 12 minut (202 osob). Posouzení o kvalitě takovýchto dat je na dopravním podniku, ale já se osobně domnívám, že vzhledem k velikosti sídliště (celkem 13690 osob) je tato dostupnost vyhovující.

Použité zdroje

- [1] BŘEHOVSKÝ, Martin; JEDLIČKA, Karel Přednáškové texty: Úvod do geografických informačních systémů [online]. Plzeň: Západočeská univerzita. Strana naposledy edit. 2005-02-09 [cit. 2011-01-18]. Dostupný z WWW: http://gis.zcu.cz/studium/ugi/e-skripta/ugi.pdf>.
- [2] What is GIS? [online]. [cit. 2011-01-17]. Dostupný z WWW: .
- [3] Incidence. ABZ slovník cizích slov [online]. [cit. 2011-04-27]. Dostupný z WWW: http://slovnik-cizich-slov.abz.cz/web.php/slovo/incidence>.
- [4] FRIEBELOVÁ, Jana. Základní pojmy teorie grafů [online]. České Budějovice: Jihočeská univerzita. Strana naposledy edit. 2008-12-31 [cit. 2011-04-14]. Dostupný z WWW: http://www2.ef.jcu.cz/jfrieb/tspp/data/teorie/grafy.pdf>.
- [5] DEMEL, Jiří. Operační výzkum [online]. Praha: České vysoké učení technické. Strana naposledy edit. 2011-03-07 [cit. 2011-03-27]. Dostupný z WWW: <http://kix.fsv.cvut.cz/ demel/ped/ov/ov.pdf>.
- [6] PLESNÍK, Ján. Grafové algoritmy 1. vyd. Bratislava: Veda, 1983. 343 s. ISBN 71-023-83.
- [7] Geoinformační systémy okolím, analýza kon-6 operace -Sspojitosti, síťová analýza textuonline]. Brno: Mena delova univerzita. cit. 2011-01-19]. Dostupný \mathbf{Z} WWW: <http://mapserver.mendelu.cz/sites/default/files/data/skripta/prednasky/6 gis10.pdf>.
- [8] PRESSOVÁ, Jana. Katalog objektů ZABAGED Praha: Zeměměřický úřad, 2011. 133 s.
- [9] Web MapService (WMS)Praha: České online]. vysoké učení technické. cit. 2011-04-14]. Dostupný \mathbf{Z} WWW: <http://geo3.fsv.cvut.cz/wms/index.php?menu=wmsinfo>.

- [11] Historie Dopravního podniku měst Liberce a Jablonce nad Nisou [online].
 Liberec: Dopravní podnik města Liberce. [cit. 2011-01-26]. Dostupný z WWW:
 http://www.dpml.cz/historie.php.
- [12] Městská autobusová doprava v Liberci Wikipedie: otevřená encyklopedie [on-line]. Strana naposledy edit. 2011-01-14 [cit. 2011-01-26]. Dostupný z WWW:
 ">http://cs.wikipedia.org/wiki/Městská_autobusová_doprava_v_Liberci>">http://cs.wikipedia.org/wiki/Městská_autobusová_doprava_v_Liberci>">http://cs.wikipedia.org/wiki/Městská_autobusová_doprava_v_Liberci>">http://cs.wikipedia.org/wiki/Městská_autobusová_doprava_v_Liberci>">http://cs.wikipedia.org/wiki/Městská_autobusová_doprava_v_Liberci>">http://cs.wikipedia.org/wiki/Městská_autobusová_doprava_v_Liberci>">http://cs.wikipedia.org/wiki/Městská_autobusová_doprava_v_Liberci>">http://cs.wikipedia.org/wiki/Městská_autobusová_doprava_v_Liberci>">http://cs.wikipedia.org/wiki/Městská_autobusová_doprava_v_Liberci>">http://cs.wikipedia.org/wiki/Městská_autobusová_doprava_v_Liberci>">http://cs.wikipedia.org/wiki/Městská_autobusová_doprava_v_Liberci>">http://cs.wikipedia.org/wiki/Městská_autobusová_doprava_v_Liberci>">http://cs.wikipedia.org/wiki/Městská_autobusová_doprava_v_Liberci>">http://cs.wikipedia.org/wiki/Městská_autobusová_doprava_v_Liberci>">http://cs.wikipedia.org/wiki/Městská_autobusová_doprava_v_Liberci>">http://cs.wikipedia.org/wiki/Městská_autobusová_doprava_v_Liberci>">http://cs.wikipedia.org/wiki/Městská_autobusová_doprava_v_Liberci>">http://cs.wikipedia.org/wiki/Městská_autobusová_doprava_v_Liberci>">http://cs.wikipedia.org/wiki/Městská_autobusová_doprava_v_Liberci>">http://cs.wikipedia.org/wiki/Městská_autobusová_doprava_v_Liberci>">http://cs.wikipedia.org/wiki/Městská_autobusová_doprava_v_Liberci>">http://cs.wikipedia.org/wiki/Městská_autobusová_doprava_v_Liberci>">http://cs.wikipedia.org/wiki/Městská_autobusová_doprava_v_Liberci>">http://cs.wikipedia.org/wiki/Městská_autobusová_doprava_v_Liberci>">http://cs.wikipedia.org/wiki/Městská_autobusová_doprava_v_Liberci>">http://cs.wikipedia.org/wiki/Městská_autobusová_doprava_v_Liberci>">http://cs.wikipedia.
- [13] KREBS, Tomáš. Prezentace DPML Rochlice. Liberec, 2006. Dopravní podnik města Liberce. PDF. Nepublikováno.
- online]. [14] Plán $sit\check{e}$ MHD LiberecLiberec: Dopravní podnik měst Liberce Jablonce Nisou. cit. 2011-01-30]. a nad Dostupný WWW: http://www.dpml.cz/obrazky/obsah pdf/1-1-2010-12- \mathbf{Z} 12 LBC plan linek.pdf>.
- [15] V Liberci pojedou tramvaje na sídliště Rochlice [online]. Liberec: CT24. [cit. 2011-04-14]. Dostupný z WWW: http://www.ct24.cz/regionalni/56581-v-liberci-pojedou-tramvaje-na-sidliste-rochlice/>.
- [16] ArcGIS 10 Desktop Help Verze 10. ESRI.
- [17] BAYER, Tomáš. Algoritmy v digitální kartografii Praha: Univerzita Karlova v Praze, 2008. 252 s. ISBN 978-80-246-1499-1.
- [18] BARTÍK, Ivo. Jakcelebritou? $st \acute{a}t$ Stačíchoditsepěšky! online. cit. 2011-04-22. Dostupný \mathbf{Z} WWW: <http://kvety.atlas.centrum.cz/osudy/2011/2/23/clanky/jak-se-stat-</pre> celebritou-staci-chodit-pesky/>.

- [20] Hranice $spr {\it a} vn {\it i} ch$ celků katas trálníchúzemí, obcí, POU, ORPakrajů [online]. Dostupný WWW: \mathbf{Z} $<\!http://geoportal.gov.cz/ArcGIS/services/CENIA/cenia_spravni_cleneni/$ mapserver/WMSServer>.

Seznam obrázků

1.1	Příklad orientovaného grafu [4]	10
1.2	Příklad neorientovaného grafu [4]	11
1.3	Příklad grafického vyjádření komunikací [6]	11
1.4	Hlavní typy sítí [7] \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots	12
1.5	Princip interakce WMS (člověk - stroj - stroj) [10]	16
1.6	Slavnostní zahájení provozu dopravního podniku na Poštovním ná-	
	městí v Rochlici v roce 1899 [13]	17
1.7	Plán sítě MHD Liberec (stav k 12.12.2010) [14] \ldots	18
1.8	0. etapa: Terminál Fűgnerova [13]	20
1.9	1. etapa: Fűgnerova - Mlýnská [13]	20
1.10	3. etapa: Klicperova - U Lomu [13]	21
1.11	4. a 5. etapa: U Lomu - Dobiášova [13]	22
1.12	Znázornění tramvajové (červeně) a autobusové (modře) dopravy na síd-	
	liště Rochlice - rok 2009 [13]	23
1.13	Znázornění tramvajové (červeně) a autobusové (modře) dopravy na síd-	
	liště Rochlice - rok 2010 [13]	24
1.14	Znázornění tramvajové (červeně) a autobusové (modře) dopravy na síd-	
	liště Rochlice - rok 2013 [13]	25
1.15	Rozmístění zastávek v úseku U Lomu - Dobiášova [13]	25
1.16	Nejrychlejší cesta z bodu A do bodu B [16]	26
1.17	Zelené body představují sklady v různých městech, polygony před-	
	stavují jejich tržní oblasti, které jsou rozděleny do tří kruhů; zelené	
	polygony jsou dosažitelné kamiony do dvou hodin, oranžové do čtyř	
	hodin a červené do šesti hodin [16]	27
1.18	Nejbližší policejní vozidla jsou přiřazena k mimořádným událostem;	
	počet policistů potřebných na každém místě závisí na závažnosti in-	
	cidentu; jsou generovány trasy a očekávané odezvy u každého vozidla	
	[16]	27

1.19	Třem kamionům dovážejícím jídla z distribučních center jsou přiřa-	
	zeny obchody s potravinami a cesty do obchodů, které minimalizují	
	náklady na dopravu; kapacity vozidel, přestávky na oběd a omezení	
	maximální dobou jízdy jsou zahrnuty do analýzy [16]	28
1.20	Grafické znázornění OD cost matice [16]	29
1.21	Inženýrské a říční sítě [16]	30
1.22	Dopravní sítě [16]	30
1.23	Oblast služeb: Najděte všechny silnice dostupné do 10-ti minut z bu-	
	dovy a poté tyto silnice ohraničte polygonem [16]	32
1.24	Oblast služeb: Vygenerujte ulice, které jsou z budovy dostupné do de-	
	seti minut [16]	33
1.25	Oblast služeb: Vygenerujte polygony zobrazující 5-ti, 10-ti a 15-ti	
	minutovou dostupnost [16]	33
1.26	Modely síťového datasetu uliční sítě [16]	34
1.27	Hledání nejkratší cesty prostřednictvím Dijkstrova algoritmu $[17]$	36
1.28	Nejkratší cesta grafem vyjádřená jako posloupnost předchůdců [17] .	36
2.1	Okno ArcCatalogu	37
2.2	Okno Properties s nastaveným souřadnicovým systémem	38
2.3	Načtení dat	39
2.4	Načtená data	39
2.5	Načtení WMS vrstvy	40
2.6	Nastavení souřadnicového systému	40
2.7	Načtená ortofotomapa	40
2.8	Přiblížení plochy sídliště před vektorizací	41
2.9	Mód <i>Editoru</i>	41
2.10	Přiblížení plochy sídliště před vektorizací	42
2.11	Výběr prvků vektorizace	42
2.12	Cesta k exportování dat	43
2.13	Export - výběr prvků vektorizace	43
2.14	Funkce Merge - spojení více vrstev do jedné	44
2.15	Vzhled atributové tabulky po přidání nových sloupců, před naplněním	44

2.16 Výpočet délky linií $\dots \dots \dots$
2.17 Výpočet času potřebného k projití linie
2.18 Výsledná podoba atributové tabulky vrstvy komunikace 45
2.19 Zapnutí programu $ArcCatalog$ přímo v programu $ArcMap$ - umístěn
na pravé straně
2.20 Zadání názvu síťového datasetu
2.21 Zadání otoček
2.22 Nastavení konektivity
2.23 Nastavení konektivity - Any Vertex
2.24 Nastavení užití nadmořské výšky
2.25 Předvyplněná tabulka hodnotami ze sloupců atributové tabulky \ldots 49
2.26 Jako defaultní volba pro následné síťové analýzy je volena hodnota
Minutes
2.27 Po kliknutí na tlačítko <i>Evaluators…</i> jsou opět předvyplněné hodnoty
pro metry
$2.28~{\rm Po}$ kliknutí na tlačítko $Evaluators$ jsou opět předvyplněné hodnoty
$pro\ minuty \ldots 50$
2.29 Nastavení směrů jízdy
2.30 Závěrečný sumář zadaných hodnot - 1. část
2.31 Dotázání na vybudování nové sítě
2.32 Výsledek tvorby síťového datasetu
2.33 Toolbar Georeferencing
2.34 Dotaz na vytvoření pyramid
2.35 Ikona Add Control Points
2.36 Přehled kontrolních bodů
2.37 Výsledek georeferencování
2.38 Zaktivovaná volba New Service Area
2.39 Nová vrstva Service Area
2.40 Zadání zastávky uvnitř žlutého kruhu
2.41 Přidané zastávky - Facilities
2.42 Cesta k nastavení oblasti služeb

2.43	Nastavení záložky Analysis	57
2.44	Nastavení záložky Polygon generation	57
2.45	Ikona pro spuštění vytvoření polygonů	58
2.46	Výsledné oblasti služeb	58
2.47	Načtené vrstvy BudovaBlokBudov a csu_bud_pnt	59
2.48	Nastavení funkce Feature to Polygon	59
2.49	Funkce Select By Location s nastavenými parametry, které vyberou	
	body vrstvy $\mathit{clip_csu_bud_pnt},$ které protínají polygon $\mathit{Polygon0_3}$	60
2.50	Cesta k funkci Statistics	61
2.51	Statistika zobrazující počet lidí žijících v pěší dostupnosti 0 až 3 minut	
	od tramvajové zastávky	61
2.52	Zobrazení špatné tvorby polygonů v oranžově zvýrazněné oblasti	62

Seznam příloh

A	Pěší časová dostupnost tramvajových zastávek v lokalitě sídliště Rochlice	
	v závislosti na počtu obyvatel po jejich vybudování	72
в	Pěší časová dostupnost tramvajových a autobusových zastávek v lokalitě síd-	
	liště Rochlice v závislosti na počtu obyvatel po jejich vybudování	73
\mathbf{C}	Obsah CD	74
Pěší časová dostupnost tramvajových zastávek v lokalitě sídliště Rochlice v závislosti na počtu obyvatel po jejich vybudování



pěší časová dostupnost [min]		počet osob	
od	do		v %
0	3	3852	28
3	6	6535	48
6	9	2433	18
9	12	837	6
12	15	33	0
osob celkem		13690	100

Vypracovala Tereza Pantůčková v roce 2011 v rámci bakalářské práce Síťová analýza v GIS na Stavební fakultě ČVUT v Praze. Souřadnicový systém: S - JTSK Podkladová data: ZABAGED, Dopravní podnik měst Liberce a Jablonce nad NIsou a. s., Magistrát města Liberce, vlastní.

Pěší časová dostupnost tramvajových a autobusových zastávek v lokalitě sídliště Rochlice v závislosti na počtu obyvatel po jejich vybudování



pěší časová dostupnost [min]		počet osob	
od	do		v %
0	3	5241	38
3	6	7319	54
6	9	1010	7
9	12	120	1
12	15	0	0
osob celkem		13690	100

Vypracovala Tereza Pantůčková v roce 2011 v rámci bakalářské práce Síťová analýza v GIS na Stavební fakultě ČVUT v Praze. Souřadnicový systém: S - JTSK Podkladová data: ZABAGED, Dopravní podnik měst Liberce a Jablonce nad NIsou a. s., Magistrát města Liberce, vlastní.

C Obsah CD

- složka s bakalářskou prací
 - $\ bakalarska_prace.pdf$
 - $priloha_A.pdf$
 - priloha_B.pdf
- složka s podkladovými daty
 - složka s daty ZABAGED
 - $-\,$ složka s demografickými daty
- složka s výslednými soubory
 - tramvaje.mxd
 - tramvaje_a_autobusy.mxd
 - $-\,$ složka s použitými shapefily