UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

KATEDRA GEOINFORMATIKY

Michal LOUTHAN

VZTAH DIGITÁLNÍHO MODELU RELIÉFU A SÍŤOVÝCH ANALÝZ PŘI ŘEŠENÍ DOPRAVNÍCH ÚLOH

magisterská práce

Vedoucí práce: Mgr. Jana Svobodová

Olomouc 2010

Prohlašuji, že jsem zadanou magisterskou práci řešil sám a že jsem uvedl veškerou použitou literaturu. Všechna poskytnutá vstupní i výstupní digitální data nebudu bez souhlasu školy poskytovat.

V Olomouci dne 12. srpna 2010

……

podpis

Rád bych poděkoval Mgr. Janě Svobodové za odborné vedení mé magisterské práce a cenné rady. Dále bych chtěl poděkovat Mgr. Stanislavu Popelkovi za pomoc při terénním výzkumu a všem, kteří mě při práci podpořili.

Vysoká škola: Univerzita Palackého v Olomouci **Fakulta:** Přírodovědecká

Katedra: Geoinformatiky **Školní rok:** 2008-2009

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro Michal LOUTHAN

obor **Geoinformatika**

Název tématu:

VZTAH DIGITÁLNÍHO MODELU RELIÉFU A SÍŤOVÝCH ANALÝZ PŘI ŘEŠENÍ DOPRANÍCH ÚLOH

RELATION BETWEEN DIGITAL ELEVATION MODEL AND NETWORK ANALYSIS AT SOLVING OF TRAFFIC TASKS

Zásady pro vypracování:

Hlavním cílem diplomové práce bude sestavení postupu (algoritmu) pro automatické „oceňování“ dopravní sítě v závislosti na hodnotách morfometrických charakteristik (sklonu reliéfu, křivosti reliéfu, ...). Tento postup bude demonstrován na konkrétních příkladech ve vhodně vybraných územích.

O magisterské práci student vytvoří internetovou stránku, která bude v den odevzdání práce umístěna na server UP. Na závěr práce připojí jednostránkové resumé v anglickém jazyce. Výstupy budou odevzdány v digitální podobě na CD – ROM. Student odevzdá údaje o všech datových sadách, které vytvořil nebo získal v rámci práce, pro potřeby zaevidování do Metainformačního systému katedry geoinformatiky ve formě vyplněného dotazníku. Práce bude zpracována podle zásad dle Voženílek (2002).

Rozsah grafických prací:
Dle potřeb práce.

Rozsah průvodní zprávy:
30-40 stran

Seznam odborné literatury:

ArcGIS 9.2 Desktop Help [online]. Dostupný z WWW: <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=An_overview_of_Network_Analyst >.

Tuček, J. (1998): Geografické informační systémy. Principy a praxe. Computer Press, Praha.

Voženílek, V. (2002): Diplomové práce z geoinformatiky. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc, UP, 31 s.

Wood, J.D. (1996): The geomorphological characterisation of digital elevation models. PhD Thesis, University of Leicester, UK, http://www.soi.city.ac.uk/~jwo/phd

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Jana Svobodová

Datum zadání diplomové práce: leden 2009

Termín odevzdání diplomové práce: květen 2010

L.S

....
Vedoucí katedry Vedoucí diplomové práce

V Olomouci dne 9.1.2009

Abstrakt

Magisterská práce se zabývá vztahem digitálního modelu reliéfu a síťových analýz při řešení dopravních úloh.

Problematika síťových analýz a parametrů, které ovlivňují rychlost na komunikacích, je obecně popsána v teoretické části. Praktická část je založena na testování vybraných parametrů ve zvolených GIS softwarech (ArcGIS 9.3 Desktop, ArcView 3.3) a v terénním výzkumu. Hlavním úkolem je naprogramovat algoritmus pro automatické ohodnocení dopravní sítě, založený na vybraných parametrech a na závěr vytvořit toolbox pro software ArcGIS.

Klíčová slova: ohodnocení komunikací, síťové analýzy, digitální model reliéfu, morfometrický parametr

Abstract

Diploma thesis deals with relation between digital elevation model and network analysis at solving of traffic tasks.

The network analysis problematics and parameters which affect the speed on the roads are described in the theoretical part. The practical part is based on the testing of the chosen parameters in selected GIS software (ArcGIS 9.3 Desktop, ArcView 3.3) and in the field research. The main aim is to draw up an algorithm for automatic cost of traffic network based on the choice of parameters and finally creating of toolbox for ArcGIS.

Key words: cost of roads, network analysis, digital elevation model, morphometric parameter

Obsah

Úvod..... 9
1. **Cíle práce** 10
2. **Metody a postup zpracování** 11
   2.1. Popis faktorů ovlivňujících rychlost na komunikacích 11
   2.2. Testování parametrů na vybraných komunikacích 11
   2.3. Sestavení algoritmu a tvorba toolboxu 12
   2.4. Aplikace výsledků 12
3. **Popis silniční sítě a základní síťové analýzy** 13
   3.1. Teorie grafů 13
   3.2. Základní síťové analýzy 15
      3.2.1. Hledání cesty 15
      3.2.2. Alokace zdrojů 16
   3.3. Plánovače tras 17
4. **Parametry ovlivňující rychlost na komunikacích** 19
   4.1. Rychlost na komunikacích 19
      4.1.1. Návrhová rychlost 19
      4.1.2. Směrodatná rychlost 20
   4.2. Morfometrické parametry 21
      4.2.1. Sklon 21
      4.2.2. Křivost 22
   4.3. Ostatní parametry 23
      4.3.1. Neměnné faktory (použitelné) 23
      4.3.2. Proměnlivé faktory (nepoužitelné) 25
5. **Popis vstupních dat a zájmová území** 27
6. **Výběr parametrů pro ohodnocení komunikací** 30
7. **Sestavení návrhu ocenění pro vybrané parametry** 33
   7.1. Starší studie 33
   7.2. Terénní výzkum 34
   7.3. Návrhové a směrodatné rychlosti pro vybrané parametry 35
   7.4. Manuální postup pro ohodnocení úseků komunikací 37
      7.4.1. Výpočet průměrného sklonu komunikace 37
      7.4.2. Výpočet průměrné rychlosti na základě typu komunikace 38
      7.4.3. Úprava rychlosti podle zakřivení komunikace 38
      7.4.4. Výpočet času 39
   7.5. Testování návrhu ohodnocení na vybraných komunikacích 39
8. **Tvorba nástroje pro automatické ohodnocení komunikací** 42
   8.1. Python 42
   8.2. Sestavení algoritmu v jazyku Python 43
   8.3. Tvorba toolboxu pro ArcGIS 48
9. **Aplikace výsledků s využitím síťových analýz** 51
   9.1. Testování v softwaru ArcGIS 51
      9.1.1. Hledání cesty 52
      9.1.2. Alokace zdrojů 57
   9.2. Testování v softwaru ArcView 57

10. **Diskuze** 59
11. **Závěr** 62
12. **Literatura a použité zdroje** 64
Summary 67

Seznam tabulek

Tab. 1: Možnosti hledání tras v síti 16
Tab. 2: Návrhové rychlosti podle druhu území a největší dovolené podélné sklony (s) základních kategorií silničních komunikací 20
Tab. 3: Kategorizace pozemních komunikací v České republice 24
Tab. 4: Datové sady použité při tvorbě toolboxu 27
Tab. 5: Typy komunikací a jejich označení v atributových tabulkách jednotlivých datových sad 28
Tab. 6: Vybrané komunikace pro testování algoritmu 29
Tab. 7: Výběr parametrů pro tvorbu algoritmu na oceňování komunikací 30
Tab. 8: Hodnoty průměrných rychlostí v modelu pro transevropskou silniční síť 34
Tab. 9: Hodnoty průměrných rychlostí v dopravím modelu ve východní Anglii 34
Tab. 10: Hodnoty průměrných dopravních rychlostí ze staršího výzkumu aplikované na typy komunikací z datové sady DMÚ 25 35
Tab. 11: Hodnoty návrhových rychlostí pro ohodnocení na základě typu a sklonu komunikace 36
Tab. 12: Směrodatné rychlosti pro směrově rozdělené silnice 36
Tab. 13: Směrodatné rychlostí dle zakřivení komunikace 37
Tab. 14: Výsledky postupu pro ohodnocení úseků komunikací aplikovaných na datové sady DMÚ 25 a DMÚ 200 ve srovnání s mapovými portály, starším výzkumem a terénním výzkumem 41
Tab. 15: Výsledky hledání trasy Potštát - Všechovice v softwaru ArcGIS aplikované na různé datové sady ohodnocené dle sklonu, zakřivení a třídy silnic v porovnání s plánovači tras dostupnými na internetu 54
Tab. 16: Srovnání výsledků hledání trasy Potštát - Všechovice v softwaru ArcGIS při různém ohodnocení dopravní sítě aplikovaném na různé datové sady 55

Seznam obrázků

Obr. 1: Uzlová pravidla pro ohodnocenou křižovatku 14
Obr. 2: Ukázka souvislého orientovaného a nesouvislého neorientovaného grafu ... 15
Obr. 3: a) podélný sklon komunikace; b) příčný sklon komunikace 21
Obr. 4,5: Vliv počasí a intenzity dopravy na rychlost provozu 26
Obr. 6: Silniční síť mikroregionu Hranicko dle datové sady DMÚ 25 29
Obr. 7: Výpočet zakřivení úseků komunikací 39
Obr. 8: Porovnání komunikací z datových sad DMÚ 25 a DMÚ 200..... 40
Obr. 9: Způsob výpočtu průměrného sklonu pro úsek silnice 44
Obr. 10: Grafické uživatelské prostředí toolboxu..... 49
Obr. 11: Nástroj pro ohodnocení komunikací v prostředí ArcToolbox..... 50
Obr. 12: Výběr atributů s ohodnocením pro výpočet síťových analýz..... 52
Obr. 13: Rozdílné úseky trasy mezi obcemi Potštát a Všechovice vypočítané softwarem ArcGIS a plánovači tras při hledání nejrychlejšího dopravního spojení 53

Úvod

Velký přínos do dílčích oborů geomorfologie, hydrologie, ekologie a jiných věd o Zemi poskytlo digitální modelování terénu. Digitálním modelem reliéfu (dále DMR) se nazývá jakákoli digitální reprezentace reliéfu spojitě se měnící v prostoru. V souvislosti s geometrickým popisem reliéfu v GIS prostředí hrají největší roli morfometrické parametry. Pro geografy představuje DMR velmi významný nástroj pro aplikace, které zpracovávají zemský povrch v geomorfologii, hydrologii a dalších fyzickogeografických disciplínách [34]. DMR a samotné morfometrické parametry lze také využít při studiu některých oborů socioekonomické geografie. Otázkou je, zda existuje nějaký vztah mezi DMR a síťovými analýzami, které jsou obecně spojovány s vektorovými sítěmi.

Pro reálný svět je samozřejmostí existence velkého množství nejrůznějších síťových struktur. Některé z nich mají přírodní charakter, jiné vznikly a existují v důsledku činnosti člověka. Jako příklady lze uvést sítě silniční, železniční, produktovodní či sítě hydrologické [19].

V rámci dané práce je na příkladu dopravních úloh řešena problematika vztahu silniční sítě a parametrů ovlivňujících rychlost na komunikacích s důrazem na parametry morfometrické.

V ČR je rychlost definována podle § 18 zákona č. 361/2000 Sb. následovně: „Rychlost jízdy musí řidič přizpůsobit zejména svým schopnostem, vlastnostem vozidla a nákladu, předpokládanému stavebnímu a dopravně technickému stavu pozemní komunikace, její kategorii a třídě, povětrnostním podmínkám a jiným okolnostem, které je možno předvídat [21].“ Úkolem je tedy vytvořit nástroj, který za pomoci DMR a ostatních známých faktorů bude automaticky počítat rychlost jízdy na komunikacích.

1. Cíle práce

Hlavním cílem této práce je vytvoření postupu (algoritmu) pro automatické „oceňování“ dopravní sítě v závislosti na parametrech ovlivňujících rychlost na komunikacích. Výstupem práce bude toolbox pro software ArcGIS Desktop, který ohodnotí úseky komunikací a přiřadí každému z nich hodnoty průměrné rychlosti a čas projetí úseku. Tyto hodnoty budou následně použitelné pro síťové analýzy.

Nejdříve bude důležitým úkolem zhodnotit veškeré parametry, které mohou nějakým způsobem ovlivnit rychlost na komunikacích a stanovit jejich významnost. Důraz bude kladen na parametry morfometrické, jelikož je třeba určit, zda nějakým způsobem ovlivňují výsledky síťových analýz. Parametrů ovlivňujících rychlost je celá řada. Bude potřeba vybrat ty nejdůležitější a především použitelné pro práci v prostředí GIS. Každý úsek komunikace bude ohodnocen podle více parametrů, a proto je třeba stanovit hodnoty průměrných rychlostí při projetí pro každý parametr. Hodnoty budou zjištěny na základě studia literatury a především terénního výzkumu. Výsledné hodnoty budou testovány na různých typech komunikací o rozdílných délkách, na odlišných typech reliéfu a s různým zakřivením. Testování bude probíhat jak v prostředí GIS, tak v terénu pro věrohodnost. Výsledkem budou hodnoty průměrných rychlostí pro jednotlivé parametry.

Hlavním úkolem bude vytvořit algoritmus, který pro každý úsek komunikace vypočítá čas potřebný k projetí podle průměrné rychlosti na daném segmentu. Výstupem bude nástroj do programu ArcGIS 9.x Desktop, který bude pracovat na základě algoritmu vytvořeného v jazyku Python. Výstupy z toolboxu budou testovány v nadstavbě Network Analyst v softwarech ArcGIS 9.3 Desktop a ArcView 3.3. a následně porovnávány s běžně dostupnými plánovači tras na internetu, starším výzkumem a reálnými situacemi.

2. Metody a postup zpracování

Před tvorbou toolboxu na ohodnocení komunikací bylo nejdříve nutné popsat a definovat jednotlivé faktory, které ovlivňují rychlost na silnicích. Z nich se vybraly ty nejdůležitější a pomocí vhodně zvoleného programovacího jazyka bylo třeba vytvořit algoritmus, který by vzhledem k těmto parametrům automaticky ohodnocoval úseky komunikací. Na zvoleném území se poté výsledky testovaly s použitím síťových analýz.

2.1. Popis faktorů ovlivňujících rychlost na komunikacích

Samotné definici jednotlivých faktorů ovlivňujících rychlost předcházelo studium dostupné literatury o časové dostupnosti automobilové dopravy. Podle starších prací byly zkoumány použité parametry pro ohodnocení komunikací a poté všechny popsány. Důraz byl kladen na parametry morfometrické, jelikož jedním z cílů bylo nalézt vztah mezi DMR a síťovými analýzami. Pro ohodnocení byly vhodně vybrány a definovány ty parametry, které mají na rychlost největší vliv a současně s nimi lze pracovat v prostředí GIS.

2.2. Testování parametrů na vybraných komunikacích

Podle zvolených parametrů byly vybrány jim odpovídající komunikace a na nich bylo provedeno testování přímo v terénu. Všechny komunikace byly jednotlivě projety osobním automobilem a pomocí GPS přístroje byly pořízeny přesné záznamy o čase, rychlosti i převýšení po celé délce úseku. Díky těmto měřením byly, za pomoci staršího výzkumu časové dostupnosti a české technické normy s názvem „Projektování silnic a dálnic – ČSN 73 6101 “ (dále ČSN), určeny hodnoty průměrných rychlostí pro jednotlivé parametry. Tyto hodnoty byly testovány na stejných komunikacích i v prostředí GIS. Jako testovací software posloužily produkty od společnosti ESRI (ArcGIS 9.3 Desktop, ArcView 3.3) a data byla využita z několika datových sad.

2.3. *Sestavení algoritmu a tvorba toolboxu*

Jelikož nástroj měl být určený pro software ArcGIS, byl vybrán jako programovací jazyk Python. Pomocí tohoto jazyka byl sestaven algoritmus, který postupně pro jednotlivé úseky vypočítá podle jejich parametrů průměrnou rychlost a následně čas potřebný k projetí osobním automobilem. Skript kombinuje použití několika nástrojů ze softwaru ArcGIS, které si volá ve formě objektů a výsledky z těchto nástrojů porovnává s řadou podmínek stanovených pro atributy jednotlivých datových sad. Díky tomu vypočítá pro daný úsek správný čas podle zvolených parametrů. Poté byl vytvořen nový toolbox pro ArcGIS, který pracuje na základě zmíněného algoritmu. Bylo také třeba upravit grafický vzhled toolboxu a vytvořit srozumitelné popisky. Na závěr byly nastaveny parametry vstupních a výstupních dat, které si uživatel sám zvolí.

2.4. *Aplikace výsledků*

Po dokončení toolboxu byla vhodně vybrána lokalita mikroregionu Hranicko, která je dostatečně velká a různorodá z hlediska typů komunikací i charakteru terénu. Celá dopravní síť mikroregionu byla ohodnocena vzniklým toolboxem a na těchto komunikacích byly testovány jednotlivé síťové analýzy v softwarech ArcGIS i ArcView. Tomu předcházelo studium literatury s problematikou síťových analýz a také studium funkčnosti jednotlivých nástrojů v extenzích Network Analyst u obou softwarů. V teoretické části pak byly popsány důležité pojmy jako teorie grafů a vysvětleny základní síťové analýzy, které byly v praktické části aplikované na ohodnocené dopravní sítě z různých datových sad. Výsledky byly poté porovnávány nejen mezi sebou, ale také s plánovači tras dostupnými na internetu. Význam a funkce těchto internetových aplikací byla rovněž popsána v teoretické části i s příklady nejpoužívanějších českých i světových plánovačů. Vzájemným porovnáním měla být zkoumána věrohodnost jednotlivých výsledků a především vliv vybraných faktorů na výslednou rychlost a čas.

3. Popis silniční sítě a základní síťové analýzy

Model silniční sítě, jako objekt reálného světa, lze s výhodou vytvořit s využitím grafu, neboť v důsledku toho lze mít k dispozici nástroj pro popis vzájemných prostorových vztahů a spojitostí mezi elementy grafu (hranami a uzly).

Statický popis grafu je však jen dílčí částí problematiky a vyjadřuje pouze vlastnosti silniční sítě jako *objektu* reálného světa. S reálnou sítí jsou spojeny i určité *jevy*, soustředěné do okolí sítě. Jevem v okolí silniční sítě si lze představit koncentraci škodlivých plynů či hluk vznikající v souvislosti s automobilovou dopravou. Jízda každého konkrétního vozidla pak představuje *proces*, který se děje na silniční síti a je bezprostředně ovlivňován vlastnostmi této sítě či jednotlivých jejích úseků. Dynamiku jevů vyskytujících se v okolí sítě a dynamiku procesů dějících se na síti je možno za určitých okolností analyzovat s využitím teorie grafů a síťových analýz [19].

3.1. Teorie grafů

Graf je soustavou bodů a jejich spojnic. Body se nazývají uzly a jejich spojnice hrany. V grafické podobě se uzly vykreslují pomocí bodových značek, hrany jako úsečky, lomené nebo hladké čáry [25]. Jsou-li dva uzly koncovými uzly jedné hrany, označují se jako přilehlé. To znamená, že každý počáteční či koncový bod hrany má v topologickém prostoru výskyt ve stejném místě jako některý z přilehlých uzlů a jsou tedy spojité [19].

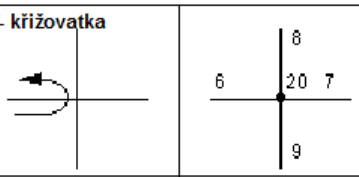
Hranám lze přisoudit jednoznačný směr a potom se označují jako orientované (orientovaný graf.) Lze jim také přiřadit popis jejich určité charakteristiky, a to prostřednictvím konkrétních hodnot. Takový graf je potom hranově ohodnocený a uvedenou charakteristikou (nejčastěji kvantitativní) může být např. skutečná délka linie, kterou hrana reprezentuje. V případě, že takový ohodnocený graf je modelem - obrazem skutečné sítě z reálného světa, může toto ohodnocení vyjadřovat například dobu, kterou bude potřebovat silniční vozidlo pro překonání konkrétního úseku silnice - ohodnocené hrany. V orientovaném grafu existuje možnost zvolit určité

ohodnocení hrany pro její orientaci od počátečního uzlu do koncového a odlišné ohodnocení pro opačnou orientaci od koncového uzlu do počátečního. S využitím tohoto mechanismu je možné popsat graf s vyjádřením odlišných vlastností hrany při jedné či opačné orientaci (anisotropie). Tuto vlastnost lze použít při určování rychlosti z místa A do B a naopak.

Uzlům grafu je možné prostřednictvím konkrétních hodnot rovněž přiřadit popis jejich určité charakteristiky. Pak se jedná o graf uzlově ohodnocený. V reálné situaci tímto uzlem může být křižovatka a její ohodnocení bude znamenat dobu, po kterou bude silniční vozidlo určitých parametrů zdrženo na křižovatce, např. při křížení hlavní komunikace nebo při odbočování [19].

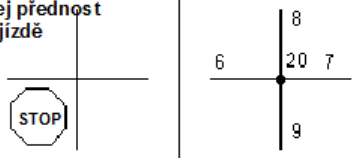
Situace — **Časové a úhlové změny** (0 = bez úhlové změny, -1 = zákaz vjezdu)

U - křižovatka



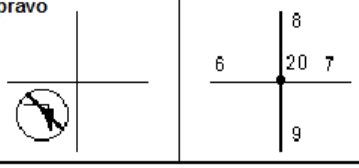
uzel	z hrany	do hrany	změna úhlu (°)	časové zpoždění (s)
20	6	6	180	20

dej přednost v jízdě



uzel	z hrany	do hrany	změna úhlu (°)	časové zpoždění (s)
20	6	7	0	15
20	6	8	90	20
20	6	9	-90	10

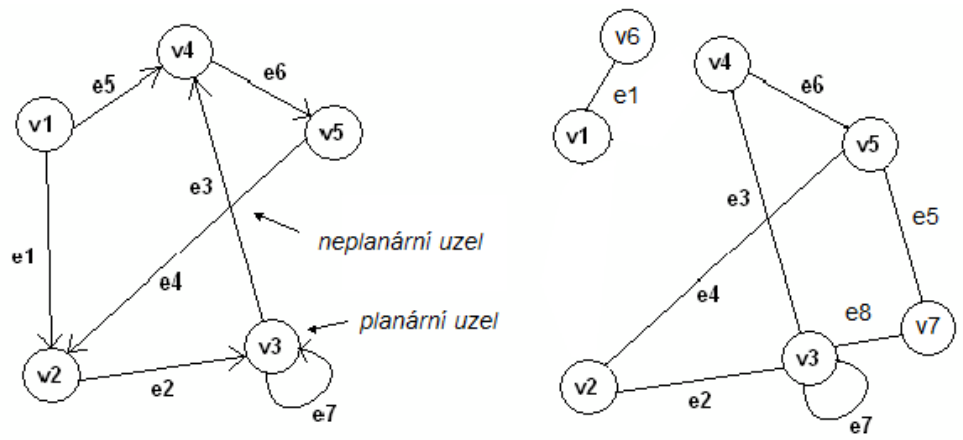
zákaz odbočení vpravo



uzel	z hrany	do hrany	změna úhlu (°)	časové zpoždění (s)
20	6	9	-90	-1
20	6	7	0	5
20	6	8	90	10

Obr. 1: Uzlová pravidla pro ohodnocenou křižovatku (upraveno dle [19])

Velice výhodnou kombinaci možností pak může znamenat graf, v němž jsou ohodnoceny hrany i uzly. Takový graf se označuje jako hranově a uzlově ohodnocený a nabízí široké možnosti použití při analytických úlohách řešících reálné situace v dopravních sítích a jejich okolí [19]. Graf, mezi jehož všemi dvojicemi uzlů existuje alespoň jeden řetěz, označujeme jako souvislý. Pokud k některým uzlům cesta přes hrany nevede, jedná se o nesouvislý graf. Pro analytické operace nad silniční sítí je třeba pracovat se souvislým grafem [25].



Obr. 2: Ukázka souvislého orientovaného grafu (vlevo) a nesouvislého neorientovaného grafu (vpravo) (upraveno dle [26])

3.2. *Základní síťové analýzy*

Geometrická síť tvořená hranami a uzly může být jednoduchým modelem konkrétní reálné sítě v prostředí GIS. K dispozici musí být pochopitelně vhodný programový produkt, dovolující připravit model sítě, doplněný případně o další elementy a umožňující provádět síťové analýzy. Těch existuje několik, ale pro potřeby práce je nutné uvést dvě základní.

3.2.1. Hledání cesty

Problémem hledání cesty (angl. pathfinding) se rozumí úloha nalezení nejvhodnější (podle daných kritérií) cesty z místa A do místa B v definovaném prostoru (obvykle grafu) [32]. Výsledkem hledání trasy v síti je buď cesta (angl. route) nebo okruh (angl. tour) a jsou nalezeny jako spojnice zastávek. Tedy míst v geometrické síti, odkud cesta (okruh) začíná nebo končí. Zastávky jsou umístěné přímo v uzlech nebo bodových geoprvcích, které se nachází v okolí hran sítě [19].

Při reprezentaci reálných silničních sítí v podobných úlohách mohou způsobovat problémy mosty, mimoúrovňové křižovatky, kruhové objezdy nebo ulice s omezeným přístupem (např. podle dní v týdnu). V datové struktuře musí být možnost vhodně je reprezentovat, zjednodušit, případně zohlednit změnu. K popsání a řešení úlohy nalezení nejkratší cesty je ve většině případů využita teorie grafů.

Dnes existuje několik typů úloh hledání nejkratší cesty. Od klasické, kdy je požadováno nalezení nejkratší cesty z jednoho místa do druhého, až po složité úlohy, jako je například problém obchodního cestujícího (tab. 1). Pro nalezení nejkratší cesty se používá mnoho algoritmů jako např. hledání naslepo (blind search), prohledávání do šířky (breadth-first search), prohledávání do hloubky (depth-first search), Dijkstrův algoritmus a další [32].

Tab. 1: Možnosti hledání tras v síti (dle [32])

Trasa	Popis
nejkratší přesun (do nejbližšího zařízení)	Výhodné pro složky integrovaného záchranného systému - pro daný incident určí nejbližší stanoviště záchranné služby i nejbližší nemocniční zařízení, kam pacienta umístí. Využití se systémy GPS navigací - nalezení nejbližšího bankomatu, čerpací stanice atd.
přesun s minimálním oceněním (trasa optimální)	Systém hledá nejrychlejší či nejkratší trasu mezi dvěma nebo více zájmovými body. Do analýzy mohou vstupovat další údaje jako požadavek příjezdu z určitého směru, nebo v určitém čase, zadaná prodleva v jednotlivých cílech atd.
optimální okružní (problém obchodního cestujícího)	Cílem je najít nejkratší cestu, kterou cestující projde všechny požadované uzly a vrátí se zpět do výchozího bodu. Obchodní cestující musí v co nejefektivnějším pořadí navštívit všechny určené lokality právě jednou a vrátit se zpět do výchozí lokality.

3.2.2. Alokace zdrojů

Vyžaduje definování center v geometrické síti, které reprezentují místo v reálném světě a jsou zdrojem nebo naopak místem spotřeby určité komodity. Např. školy s určitou kapacitou dětí, zdravotnická střediska a nemocnice, obchodní a nákupní centra atd. Alokační algoritmus používá tyto centra jako cíle a modeluje, jak lidé nebo věci procházejí přes síť, aby se k nim dostali. Výsledkem úlohy je alokování (přiřazení) určitých hran sítě, které přiléhají k centru a představují oblast spotřeby nebo produkce sledované komodity. Vznikají plochy obsloužené jednotlivými zařízeními [19, 32].

Pro tuto síťovou analýzu je důležitý lokační-alokační model, který je určen na hledání optimální polohy nejrůznějších zařízení v prostoru (lokace) a současně

k jednotlivým zdrojům přidělí spotřebitele (alokace). Výsledkem alokace je nalezení zón podle cestovních časů pro dopravu lidí nebo věcí od daného obslužného centra. Algoritmus pro dané centrum vytvoří soubor izochron, založených na čase potřebném k cestování. Izochrony jsou linie spojující místa se stejným časem dosažení od výchozího uzlu sítě [32].

3.3. Plánovače tras

Nejběžněji používané nástroje, které jsou dostupné na internetu a provádějí jednoduché síťové analýzy jsou plánovače tras. Fungují podobně jako navigace do automobilu. Při hledání se vloží počáteční a cílové místo cesty a plánovač tras ukáže cestu na mapě s kilometrovým rozpisem a přesnou vzdáleností.

Jedná se především o vyhledávače tras na běžně dostupných mapových portálech. Nejpoužívanějším z nich je v ČR portál mapy.cz. Plánovač tras vyvinula firma PLANstudio a jejich výsledný čas je počítán dle typu komunikace, křižovatek, rychlostního omezení (obec, mimo obec, dopravní značení) a délky úseků [20]. Plánovač nabízí základní funkce jako hledání nejkratší či nejrychlejší cesty. Dalšími velmi oblíbenými portály u nás jsou amapy.cz s vyhledávačem od firmy DPA s.r.o. a také mapový portál maps.google.com, který nabízí mapy celého světa.

Mimo těchto tří u nás nejpoužívanějších existuje řada dalších plánovačů tras, které mnohdy disponují více funkcemi a poskytují kvalitnější informace, než zmíněné mapové portály. Jedním z nich je plánovač ViaMichelin. Standardně nabízí 5 tras - doporučenou, nejrychlejší, nejkratší, úspornou a objevitelskou (*discovery*). Dokáže také dle spotřeby a ceny pohonných hmot vypočítat náklady na cestu [30]. Podobnou funkcí disponuje také RoutePlanner na webových stránkách společnosti Škoda Auto. Ovšem je založen na vyhledávači od firmy Google [28]. Dalším poměrně srozumitelným nástrojem pro vyhledávání cest, především po Evropě, je plánovač tras od společnosti TomTom, který dokáže zohledňovat aktuální dopravní informace [29]. Plánování cesty a mapy pro Českou republiku, Evropu a Severní Ameriku nabízí aplikace Map24 od společnosti Navteq [15].

Výsledné ohodnocení tras v této práci a následné testování v terénu bude porovnáváno s výsledky většiny zmíněných plánovačů tras. Terénní výzkum naznačí, zda plánovače počítají reálné časy pro jednotlivé úseky a zda se liší s výsledky vytvořeného algoritmu pro ohodnocení komunikací.

4. Parametry ovlivňující rychlost na komunikacích

Stanovit průměrnou rychlost k projetí úseku komunikace je velice složité. Ve skutečnosti ovlivňuje jízdu po pozemní komunikaci celá řada přímých i nepřímých faktorů. Pro účely této práce je nutné jednotlivé faktory analyzovat a určit jejich důležitost. Aby bylo možné definování vztahu DMR a síťových analýz, je nutné analyzovat především morfometrické parametry a najít souvislost mezi nimi a rychlostí na silnicích. Pro dosažení reálných výsledků budou vybrané morfometrické parametry doplněny ostatními faktory, které ovlivňují rychlost automobilů.

4.1. Rychlost na komunikacích

Při výstavbě nové komunikace jsou dodržována pravidla, která upravují možnou rychlost na komunikaci dle technických norem. ČSN v této problematice stanovuje návrhovou a směrodatnou rychlost.

4.1.1. Návrhová rychlost

ČSN definuje, že návrhová rychlost v_n není míněna jako rychlost, kterou se bude určité vozidlo pohybovat po komunikaci, ani to není žádná rychlost, která by byla limitní nebo zaručovala bezpečnou jízdu či provoz za přesně specifikovaných podmínek. Jde o smluvní rychlost, vycházející z empirie i z fyzikálních zákonů, které přísluší přijatelná míra bezpečnosti provozu na pozemních komunikacích. Návrhové prvky jsou sice odvozovány dle fyzikálních modelů, ovšem reálné chování je závislé na velkém množství parametrů, které nejsou známy nebo nemohou být jednoznačně popsány (smykové vlastnosti vozovky, vlastnosti a stav vozidla, nerovnosti vozovky, chování řidiče,…). Návrhová rychlost má tedy charakter spíše statistický a měla by zaručit, že bezpečnost komunikace bude v přijatelných mezích [36].

Tab. 2: Návrhové rychlosti podle druhu území a největší dovolené podélné sklony (s) základních kategorií silničních komunikací (dle [22])

Kategorijní typ komunikace	**Návrhová rychlost (km/h) pro území**			
	rovinaté nebo mírně zvlněné	**pahorkovité**	**horské**	
	podélný sklon *s* (%)			
D 26,5 *	120	120	100	80
R 26,5	3	4	4,5	4,5
R (26,5; 24,5; 22,5)	120	100	80	
	3,5	4,5	4,5	
R 11,5	100	80	70	
	3,5	4,5	4,5	
S 24,5	100	80	80	
	3,5	4,5 (6)	6	
S 22,5	100	80	70	
	4	4,5 (6)	6	
S (11,5; 10,5; 9,5)	80	70	60	
	4,5	6	7,5	
S 7,5	70	60	50	
	4,5	7	9	
D - dálnice; R - rychlostní komunikace; S – silnice * - D 26,5 = dálnice (šířka silnice 26,5 m)				

4.1.2. Směrodatná rychlost

Směrodatná rychlost je očekávaná rychlost osobních automobilů umožněná dopravně technickým stavem určitého úseku silnice nebo dálnice, kterou nepřekračuje 85 % jinak neomezovaných řidičů na mokré vozovce. Bývá větší nebo aspoň stejná jako návrhová rychlost a měla by být bližší skutečné rychlosti vozidel. Směrodatná rychlost by měla na rozdíl od návrhové rychlosti zohlednit více faktorů. Řidič má tendenci udržovat rychlost v souvislých úsecích, tedy i po příjezdu do místa s menšími poloměry. V místech s oblouky o velkém poloměru lze předpokládat větší rozdíl skutečné rychlosti a návrhové rychlosti.

Směrodatná rychlost se odlišně určuje pro směrově rozdělené a směrově nerozdělené komunikace. Pro směrově nerozdělené závisí směrodatná rychlost na křivolakosti komunikace (kap. 4.3.1.). Pro dálnice a směrově rozdělené silnice norma předepisuje směrodatnou rychlost pouze v závislosti na návrhové rychlosti bez ohledu na křivolakost nebo jiné faktory ovlivňující dynamiku jízdy [36].

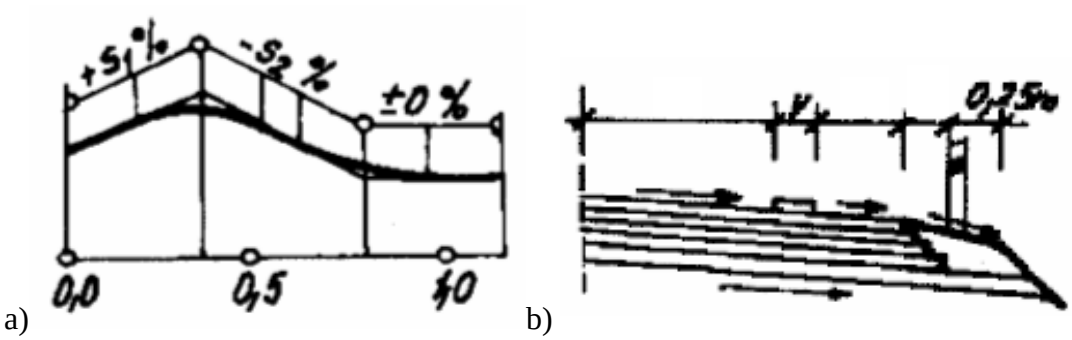
4.2. *Morfometrické parametry*

Morfometrické a následně strukturní vlastnosti reliéfu jsou určeny jejich derivacemi nadmořské výšky. Definování matematických derivací výšky v jakémkoli bodě reliéfu vychází z předpokladu, že digitalizovaný povrch lze považovat za matematicky spojitý [34]. Dle Krcha [10] je vymezeno 5 základních morfometrických charakteristik reliéfu, a to výška, sklon, orientace, horizontální a vertikální křivost. Jejich výpočet je možný pro grid i TIN, nejčastěji se však používá v souvislosti s gridem.

Každý parametr nabývá v libovolném bodě georeliéfu určitou velikost, která se pohybuje v určitém intervalu. Sklon a křivost hrají jistou roli při stanovení průměrné rychlosti na silnicích, a proto je důležité si pro potřeby další práce tyto parametry vysvětlit. Další parametry jako nadmořská výška a orientace svahů nemají vliv na rychlost a proto není třeba je dále zmiňovat.

4.2.1. Sklon

Jedním z nejdůležitějších parametrů je sklon plochy. Ten je považován za základní morfometrickou charakteristiku, která určuje intenzitu gravitačně podmíněných geomorfologických procesů. Sklon plochy je úhel sevřený terénní čarou nebo dílčí plochou terénního reliéfu s vodorovnou rovinou. Udává se ve stupních, radiánech nebo procentech [27].



a) b)

Obr. 3: a) podélný sklon komunikace; b) příčný sklon komunikace [22]

Výškové řešení trasy silniční komunikace je dáno souborem výškových návrhových prvků, stanovených k zachování jednotnosti a zákonitosti ve výškovém vedení trasy. Součástí výškových návrhových prvků jsou sklony, které charakterizují geometrický tvar nivelety (průmět trasy komunikace do svislé roviny proložené trasou komunikace) [22]. U komunikací rozlišujeme podélný a příčný sklon (obr. 3).

a) Podélný sklon

Podélný sklon nivelety je její místní odklon od vodorovné roviny. Podélný sklon se obvykle označuje *s* a jeho hodnota se udává v procentech. Ve směru nárůstu staničení trasy se rozeznává:

- stoupání, označené znaménkem + před číselnou hodnotou,
- klesání, označené znaménkem -,
- vodorovná plocha, označená symbolem ± 0 %.

Hodnota navrženého podélného sklonu nivelety závisí především na členitosti území a na návrhové rychlosti. Největší dovolené hodnoty podélného sklonu jsou uvedeny v tab. 1. Minimální hodnota podélného sklonu není normou ČSN stanovena. Z praktického hlediska se doporučuje navrhovat minimální podélný sklon kolem hodnoty 0,5 %, vzhledem k odvodnění povrchu vozovky [22].

b) Příčný sklon

Příčný sklon je odklon povrchové přímky silniční komunikace od vodorovné roviny v určitém příčném řezu. Příčný sklon obvykle označujeme *p* a jeho hodnotu udáváme rovněž v procentech [7].

4.2.2. Křivost

Křivost reliéfu je vypočítána jako druhá derivace nadmořské výšky. Pokud výstupní DMR vykazuje pozitivní křivost, jedná se o geomorfologicky konvexní tvar v dané buňce. V opačném případě, kdy křivost je negativní, jedná se o konkávní tvar. Plochému povrchu je přiřazena nulová hodnota. Horizontální křivost udává míru

změny orientace, která ovlivňuje konvergenci a divergenci odtoku. Vertikální křivost je definována jako míra změny sklonu a má vliv na zrychlení či zpomalení toku [34]. Vzhledem k zařezání komunikací do terénu nemá horizontální křivost na tvar silnice téměř žádný vliv. Vertikální křivost určuje, jak prudké bude stoupání či klesání.

4.3. Ostatní parametry

Pro efektivní výsledky je třeba kromě morfometrických parametrů prodiskutovat také ostatní faktory, které ovlivňují rychlost na silnicích. Existují neměnné faktory, které můžeme sledovat a jsou vhodné pro analýzy v GIS. Na druhou stranu má na dopravu vliv celá řada proměnlivých faktorů, které nejsou známy nebo nemohou být jednoznačně popsány (počasí, vlastnosti a stav vozidla, nerovnosti vozovky, chování řidiče,…). Přestože jsou důležité, nelze je v GIS analýzách účelně využívat.

4.3.1. Neměnné faktory (použitelné)

a) Omezení rychlosti ze zákona

Rychlostní limit je závazná mezní hodnota rychlosti, která nesmí být překročena. V ČR je stanoveno rychlostní omezení v obci na 50 km/h, mimo obec na 90 km/h, na dálnici a rychlostní komunikaci na 130 km/h. Na železničním přejezdu a 50 m před ním je maximální povolená rychlost 30 km/h (bliká-li bílé světlo přejezdové signalizace, pak 50 km/h). V obytné a pěší zóně smí řidič jet nejvíce 20 km/h. Tyto omezení jsou daná zákonem a platí pro celé území ČR [21].

b) Typ komunikace

Hierarchické členění silniční sítě je jedním z nevýznamnějších faktorů pro stanovení rychlosti. Do jisté míry se však jedná o více zahrnující faktor, kumulující v sobě některé ostatní, jako například počet jízdních pruhů, povrch či

směrové rozdělení. Kategorizace pozemních komunikací v České republice je znázorněna v tab. 3. Vychází z legislativního zákona č. 13/1997 Sb. O pozemních komunikacích [35].

Tab. 3: Kategorizace pozemních komunikací v České republice (upraveno dle [35])

<table>
<tr><th>Typ</th><th>Podtyp</th><th colspan="2">Popis</th></tr>
<tr><td>dálnice</td><td>-</td><td colspan="2">Dálnice je pozemní komunikace určená pro rychlou dálkovou a mezistátní dopravu silničními motorovými vozidly, která je budována bez úrovňových křížení, s oddělenými místy napojení pro vjezd a výjezd a má směrově oddělené jízdní pásy.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">silnice</td><td>rychlostní silnice</td><td colspan="2">Silnice I. třídy určená pro rychlou dopravu přístupná pouze silničním motorovým vozidlům s předepsanou minimální konstrukční rychlostí. Stavebně technické vybavení obdobné jako u dálnice.</td></tr>
<tr><td>I. třídy</td><td rowspan="3">Silnice je veřejně přístupná pozemní komunikace určená pro chodce a silniční vozidla.</td><td>dálková a mezistátní přeprava</td></tr>
<tr><td>II. třídy</td><td>pro dopravu mezi okresy</td></tr>
<tr><td>III. třídy</td><td>ke vzájemnému spojení obcí nebo jejich napojení na ostatní pozemní komunikace</td></tr>
<tr><td rowspan="4">místní komunikace</td><td>I. třídy</td><td rowspan="4">Místní komunikace je veřejná a přístupná pozemní komunikace, která slouží převážně místní dopravě na území obce.</td><td>rychlostní místní komunikace</td></tr>
<tr><td>II. třídy</td><td>dopravně sběrné komunikace s omezením přímého připojení sousedních nemovitostí</td></tr>
<tr><td>III. třídy</td><td>obslužné komunikace</td></tr>
<tr><td>IV. třídy</td><td>smíšený provoz či nepřístupné</td></tr>
<tr><td>účelové komunikace</td><td>-</td><td colspan="2">Slouží ke spojení jednotlivých nemovitostí pro potřeby vlastníků nebo ke spojení těchto nemovitostí s ostatními pozemními komunikacemi nebo k obhospodařování zemědělských a lesních pozemků; dělí se na veřejně přístupné a veřejně nepřístupné.</td></tr>
</table>

c) <u>Zakřivení komunikace</u>

Tento parametr se dle ČSN počítá na základě poloměru zatáček. Technická norma pro tento parametr používá termín křivolakost. Vypočítá se dle vzorce [22]:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{j} |\gamma_i|}{l}$$

Kde: K je křivolakost, j počet částí úseku, $|\gamma_i|$ součet úhlových změn a l délka úseku

Křivolakost je tedy přímo úměrná součtu úhlových změn v jednotlivých dílčích částech (od 1 do *j*) v posuzovaném úseku a nepřímo úměrná jeho délce. Norma nespecifikuje přesně délku dílčích úseků, pouze požaduje, aby v úseku byly stejné nebo podobné charakteristiky. Směrodatná rychlost by se mezi dílčími úseky neměla lišit o více než 10 km/h. Obecně je křivolakost definována jako průměrná úhlová změna na jednom kilometru trasy. Směrodatná rychlost je stanovena na základě návrhové rychlosti a křivolakosti [36].

d) Šířka komunikace

Šířka silnice úzce souvisí s typem komunikace a v odborné literatuře se uvádí hned za ním. Např. S 22,5/80 značí kategorii „silnice“ se šířkou 22,5 m a návrhovou rychlostí 80 km/h. S tím jsou spojeny také maximální povolené poloměry zatáček. Šířka komunikace značně ovlivňuje průměrnou rychlost dopravního proudu. Tento parametr určuje především počet jízdních pruhů. Samotná šířka jednotlivých jízdních pruhů většinou neklesá pod 2,75 m [7].

4.3.2. Proměnlivé faktory (nepoužitelné)

Tato skupina faktorů je pro dopravu důležitá, ovšem nemohou být jednoznačně popsány a předpovídány. Jsou velice individuální, nepravidelné a proměnlivé. Mohou být tedy jen těžko zahrnuty mezi parametry ovlivňující rychlost v prostředí GIS.

Jedním ze zásadních proměnlivých faktorů je počasí. Při nepříznivých podmínkách s deštěm, mlhou, sněhem či špatnou povětrnostní situací se snižuje plynulost a rychlost dopravy a zhoršují se smykové vlastnosti vozovky.

Intenzita provozu je rovněž faktorem, který se velmi složitě posuzuje. Na frekventovaných místech a ve městech je intenzita největší, ovšem i v těchto místech se mění s denní dobou. Je také rozdíl porovnávat intenzitu v nočních hodinách a v běžný pracovní den, kdy je silniční a dálniční provoz dostatečně hustý a neumožňuje až na výjimky plynulou jízdu blízkou maximální povolené rychlosti [7]. Důležitý pro plynulost je i podíl nákladní dopravy. V místech

s vyšší intenzitou dopravy stoupá i faktor nehodovosti, který nelze pro všeobecný model použít, jelikož se jedná o nepravidelně rozložené jevy a docházelo by k nesprávnému ovlivnění výsledných hodnot. S tím souvisí i data pro uzavírky a dopravní omezení, které je velice složité zpětně dohledat. Navíc se jedná vždy o lokální omezení rychlosti označené na místě dopravní značkou.

Obr. 4,5: Vliv počasí a intenzity dopravy na rychlost provozu (zdroj: autor)

Vliv nerovnosti a aktuálního stavu vozovky na průměrnou rychlost je také zřejmý. Předpoklad odpovídajícího stavu u jednotlivých typů silnic umožňuje tento faktor zahrnout obecně mezi jednotlivé typy komunikací. Ovšem aktuální stav komunikací je velice individuální a pravidelně dochází ke zhoršení především po zimních měsících [7].

Na závěr je třeba zmínit faktory nejvíce individuální a proměnlivé, ovšem neméně důležité. Jedná se o vlastnosti a stav vozidla a především chování řidiče. S tím souvisí i běžné zpomalování jízdy při nutných zastávkách pro natankování pohonných hmot či pouze jako času pro odpočinek. Následný výzkum je však prováděn v oblastech, kde by tyto zastávky neměly být příliš relevantní.

5. Popis vstupních dat a zájmová území

Vzhledem k rozmanitosti datových sad a rozdílnosti atributové složky bylo třeba využít a testovat více datových souborů. Právě vybrané atributy jsou důležité pro následný výpočet průměrné rychlosti. Zakomponování více datových dat umožní lepší porovnání výsledku a toolbox je více univerzální.

Vstupními daty jsou vybrané vrstvy produktů DMÚ 25, DMÚ 200 (Vojenský topografický úřad Dobruška), ZABAGED® (Zeměměřičský úřad) a ČR 150 v. 0801 (Central Europien Data Agency) znázorňující vrstevnice, liniové vrstvy komunikací a polygony obcí. Byly zvoleny nejběžnější datové sady v ČR, aby mohl mít toolbox všestranné využití a nebyl limitován pouze jednou datovou sadou. Druhým důvodem je možnost srovnání výsledků na jednotlivých produktech, které pocházejí z dat různých měřítek, s odlišnými atributy a délkami úseků komunikací. Vzhledem k atributové složce, přesnosti a rozsahu poskytnutých dat byla testována především datová sada DMÚ 25. Ostatní produkty sloužily především k porovnání výsledků. Veškerá data použitá v této práci jsou vlastnictvím katedry geoinformatiky Univerzity Palackého v Olomouci, která je využívala k předchozím projektům.

Tab. 4: Datové sady použité při tvorbě toolboxu

Produkt	Poskytovatel	Měřítko	Použité vrstvy
DMÚ 25	VTOPÚ Dobruška	1 : 25 000	vrstevnice, komunikace
DMÚ 200	VTOPÚ Dobruška	1 : 200 000	vrstevnice, komunikace, obce
ZABAGED®	Zeměměřičský úřad	1 : 10 000	komunikace
ČR 150	CEDA	1 : 150 000	komunikace

Nejdříve bylo nutné si z datových sad vybrat jen potřebné vrstvy a ty poté upravit. Ať už se jedná o vrstvu komunikací, vrstevnic či obcí, je vždy nutné data ořezat od kladu listů a ostatních nepotřebných zákresů. Pro tvorbu DMR byly použity vrstevnice z datových sad DMÚ 25 (interval vrstevnic 5 m) a DMÚ 200 (interval vrstevnic 25 m). Interpolační metoda nehraje v tomto případě velkou roli. To ovšem neplatí o rozlišení pixelu, které je vhodné zvolit odpovídající k rozsahu území. Ovšem čím menší rozlišení, tím přesnější bude určení průměrného sklonu úseků komunikací. Nejdůležitější je samotná vrstva komunikací. Pro ni se vytváří

ohodnocení a její atributy ovlivní samotný výsledek, jelikož každá datová sada obsahuje jiné množství použitelných atributových informací (tab. 7). Velmi potřebné je pole s kategorijním typem komunikace, které by měla obsahovat každá datová sada a z něhož budou průměrné rychlosti na úsecích vycházet. Nejvíce informací obsahuje datová sada DMÚ 25. Konkrétní kategorijní typy komunikace se samotným označením v atributové tabulce jsou uvedeny v tab. 5. Hodnoty jednotlivých atributů jsou důležité pro následný algoritmus, který podle nich bude určovat rychlost. Uvedeny jsou i informace z ostatních datových sad.

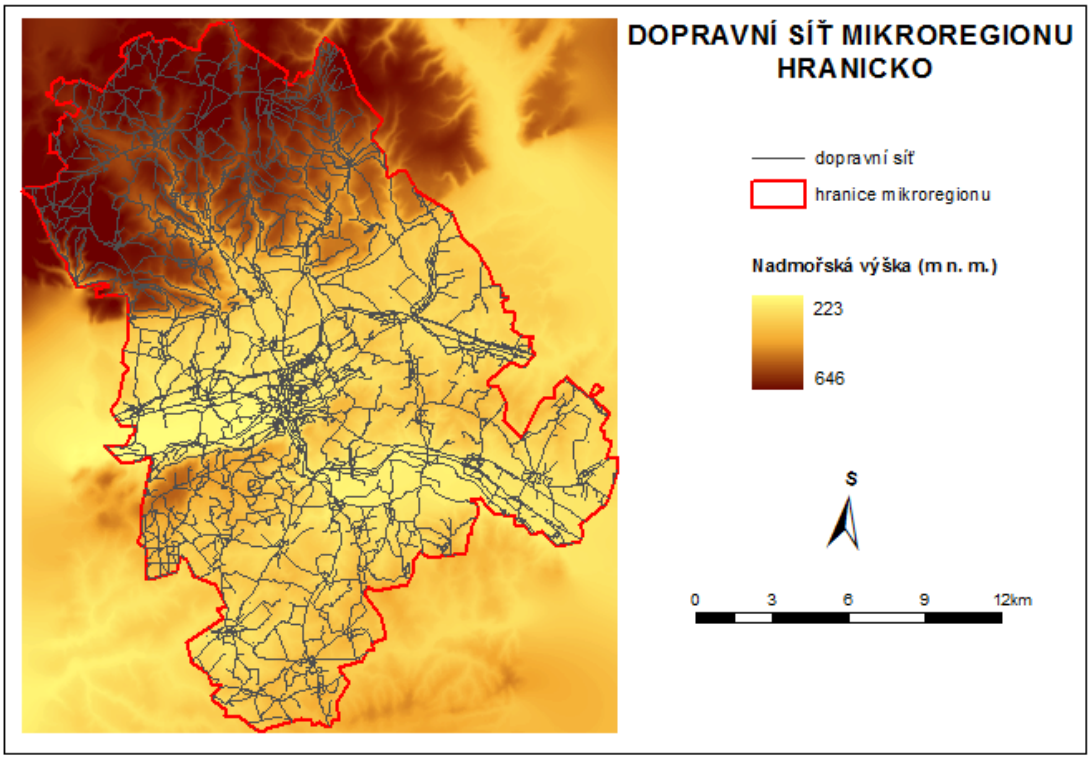
Tab. 5: Typy komunikací a jejich označení v atributových tabulkách jednotlivých datových sad (zdroj: atributové tabulky použitých datových sad)

Typ komunikace		**Využití v algoritmu**			
		DMÚ 25	DMÚ 200	ZABAGED	ČR150
dálnice a rychlostní komunikace		2	2	D, R, Dv, Dd, Rv, Rd	0
železnice		3	3	-	-
silnice I. třídy		206	206	S1, S1v, S1r	1
silnice II. třídy		207	207	S2, S2v, S2r	2,6,7
silnice III. třídy		210	-	S3, S3v, S3r	3,6,7
účelové komunikace		204	204	-	3
zpevněná cesta		205	205	-	5
polní a lesní cesta		208, AP010	AP010	-	5
most, přemostění, podjezd, zúžení		AQ040, AP050 BH070, AQ065	AQ040, AQ542 AQ058	-	-
zástavba	hlavní průjezd	7	-	-	-
	ulice	6	-	-	-

Konkrétní úseky komunikací byly zvoleny na základě dostupnosti dat. Výběr jednotlivých silnic závisel na několika faktorech. Dle vybraných parametrů bylo třeba zvolit na testování takové komunikace, které ležely na odlišných typech reliéfu, měly různý počet zatáček, různé převýšení a délku. Důležitým parametrem byl také kategorijní typ silnice a skutečnost, zda leží v obci či nikoli (tab. 6). Na vybraných komunikacích bylo provedeno testování nejdříve v terénu a poté v prostředí GIS. Síťové analýzy a aplikace výsledků algoritmu byly prováděny na silniční síti mikroregionu Hranicko (obr. 6).

Tab. 6: Vybrané komunikace pro testování algoritmu (zdroj: terénní výzkum)

Komunikace	Typ komunikace	Délka (km)	Převýšení (m)
Olomouc - Mohelnice	rychlostní komunikace	29,4	48
Mohelnice – Moravská Třebová	silnice I. třídy	18,7	295
Topolany – Drahanovice	silnice II. třídy	8,2	25
Bohuslavice - Vilémov	silnice III. třídy	3,3	57



Obr. 6: Silniční síť mikroregionu Hranicko dle datové sady DMÚ 25 (zdroj: autor)

6. Výběr parametrů pro ohodnocení komunikací

Jak již bylo zmíněno v kap. 4, existuje celá řada parametrů, které ovlivňují rychlost automobilů na komunikacích. Ovšem pro výpočet rychlosti v prostředí GIS lze využít jen několik z nich. Některé jsou zcela nepoužitelné z důvodu proměnlivosti a individuálnosti (počasí, intenzita provozu, vlastnosti automobilu, chování řidiče,…). Pokud je úkolem vytvořit univerzální nástroj, který bude ohodnocovat jednotlivé úseky komunikací bez ohledu na místo, čas, počasí a další proměnlivé faktory, je třeba vybrat takové parametry, které bude algoritmus využívat především ze vstupních dat. Jelikož každá datová sada obsahuje jiné množství informací, byl výběr parametrů upraven s ohledem na atributovou složku každé z nich. Ze všech parametrů byly pro algoritmus vybrány pouze ty, které mají největší vliv na rychlost a zároveň jsou použitelné s ohledem na jednotlivé datové sady (tab. 7). Ty přitom kromě záznamu o typu komunikace většinou neobsahují mnoho dalších informací, které by pomohly určit průměrnou rychlost řidičů.

Tab. 7: Výběr parametrů pro tvorbu algoritmu na oceňování komunikací

Parametr	**Využití v algoritmu**	**Informace v atributové tabulce**			
		DMÚ 25	DMÚ 200	ZABAGED	ČR150
sklon	•	•*	•*	-	-
křivost	-	-	-	-	-
typ komunikace	•	•	•	•	•
směrové rozdělení	•	•	•	•	•
zakřivení komunikace	•	-	-	-	-
šířka komunikace	-	•*	•*	-	•
omezení rychlosti v obci	•	•	-	-	-
počasí	-	-	-	-	-
intenzita provozu	-	-	-	-	-
stav vozovky, povrch	-	•*	•*	-	-
denní doba	-	-	-	-	-
stav vozidla	-	-	-	-	-
chování řidiče	-	-	-	-	-
•* - informaci obsahují pouze některé záznamy v datové sadě					

Ze zmíněných morfometrických parametrů má na rychlost automobilů vliv především sklon. To potvrzuje i technická norma, která dokonce stanovuje návrhové rychlosti pro jednotlivé intervaly podélných sklonů (tab. 2). Příčný sklon je u komunikací minimální a nemá vliv na rychlost. Pro ohodnocení komunikací bude nutné každému úseku přiřadit průměrnou rychlost, kterou automobil danou částí projede. V prostředí GIS lze tento parametr vypočítat na základě gridu sklonů.

Křivost reliéfu je druhým morfometrickým parametrem, který jistým způsobem ovlivňuje rychlost. Pro komunikace by se počítala stejným způsobem jako sklon, ale na základě gridu křivostí. Vzhledem k „zařezání komunikace“ do terénu nemá horizontální křivost žádný vliv. Použít by šla pouze křivost vertikální, ale i ta se vzhledem ke způsobu výstavby komunikací pohybuje v minimálních intervalech. V tomto případě je tedy důležitý pouze sklon a křivost nebude do výpočtů zahrnuta.

Z ostatních parametrů je nejdůležitější typ komunikace. Podobně jako u sklonu definuje technická norma směrodatné rychlosti také pro jednotlivé typy komunikací. Informace o typu silnice obsahuje téměř každá datová sada, ovšem vždy odlišně dělené a s různými popisy atributů. Proto musí být algoritmus náležitě upraven s ohledem na jednotlivé datové sady (tab. 5).

Dalším významným parametrem je zakřivení komunikace. ČSN ho definuje pojmem křivolakost a hraje rozhodující roli při stanovení finální směrodatné rychlosti. Řidič totiž musí vždy upravit rychlost jízdy v zatáčkách bez ohledu na ostatní faktory. V prostředí GIS by bylo velice složité vypočítat úhlově změny v každé zatáčce. Tento problém lze vyřešit výpočtem rozdílu mezi skutečnou délkou úseku a vzdušnou vzdáleností koncových bodů úseku.

Posledním parametrem, který bude do algoritmu použit, je zákonem dané omezení rychlosti. V tomto případě se jedná o rychlost v obci, která nesmí překročit 50 km/h. I tento parametr bude algoritmus využívat s ohledem na datové sady. Některé mají informace o umístění úseků v obci zapsané přímo v atributech (DMÚ 25) a k ostatním bude třeba načíst samostatnou vrstvu obcí. Ostatní zákonné omezení rychlosti nemá výrazný vliv na časovou dostupnost (železniční přejezd) nebo je lokální (uzavírky, dopravní omezení) a nelze tedy použít.

Mezi ostatní technické parametry by šla zařadit také šířka komunikace a počet jízdních pruhů, ovšem takto přesné informace nebývají ve většině případů

v datových sadách poskytovány. Pro univerzální využití algoritmu postačí výpočet dle typu komunikace.

Na závěr je třeba připomenout ještě několik parametrů, které jsou proměnlivé a individuální. Jedná se o vliv počasí, intenzitu dopravy, denní dobu, stav vozovky, vlastnosti vozidel a chování řidiče. Jak již bylo výše zmíněno, tyto faktory jsou sice důležité, ale nelze je pro algoritmus využít.

7. Sestavení návrhu ocenění pro vybrané parametry

Pro optimální výsledky algoritmu musí být především správně sestaven návrh ocenění jednotlivých parametrů a následně zkombinován. Výsledné hodnoty průměrných rychlostí pro jednotlivé parametry byly stanoveny na základě několika zdrojů. Základem se staly hodnoty návrhových a směrodatných rychlostí pro komunikace vycházející z ČSN (kap. 4.1.). Bylo nastudováno i několik předchozích prací z dané tematiky a výsledné hodnoty byly i částečně upraveny podle těchto studií (tab. 10). Ovšem největší význam na stanovení výsledných hodnot rychlostí měl terénní výzkum, kde se hodnoty porovnávaly s reálnou skutečností.

7.1. Starší studie

Studiem časové dopravní dostupnosti se v minulosti zabývalo několik prací (např. [7, 18]). Ze všech možných parametrů ovlivňujících rychlost byl čas projetí jednotlivých segmentů komunikace počítán pouze na základě délky segmentu a třídy komunikace. Navíc se vždy jednalo o určitý datový model aplikovaný na konkrétní lokalitu a ohodnocení se vždy provádělo manuálně a nikoli automaticky. Morfometrické parametry, jako např. sklon, nebyly téměř nikdy brány v úvahu, i když jsou velmi důležité. Rozdíl výsledků je patrný v tab. 14, kde je vypočítaný čas projetí určité trasy na základě hodnot rychlostí ze starších výzkumů v porovnání s automaticky vygenerovanými hodnotami této práce. Hodnoty rychlostí přiřazené staršímu výzkumu jsou uvedeny v tab. 10. Testování bylo provedeno na stejné datové sadě DMÚ 25.

K porovnání by také mohly sloužit i obdobné evropské modely dostupnosti. Jedním z nich je model studující budoucí transevropskou silniční síť z roku 1996 [3]. Hodnoty průměrných rychlostí z tohoto výzkumu jsou uvedeny v tab. 8 a jak je vidět, poukazují na velmi hrubé odhady autorů. Uváděné průměrné rychlosti jsou mnohdy maximální povolenou rychlostí v řadě evropských zemí. Druhým příkladem je výzkum zabývající se dopravní situací ve východní Anglii z roku 1997 [5]. Hodnoty průměrných rychlostí přehledně ukazuje tab. 9 a oproti předchozí studii se jedná

o značně odlišné a možno říct i přesnější hodnoty, i když mezi oběma pracemi je velká měřítková rozdílnost. Příčinu nízkých hodnot průměrných rychlostí v městské oblasti je třeba hledat zejména v intenzitě anglického provozu [7].

Z uvedených studií plyne, že stanovení průměrných rychlostí je velmi subjektivní a liší se autor od autora. Rozdíly jsou dány specifičností zkoumaného území, převažující důležitostí činitelů, ale také typem výzkumu.

Tab. 8: Hodnoty průměrných rychlostí v modelu pro transevropskou silniční síť [3]

Typ silnice	Průměrná rychlost (km/h)
dálnice	120
rychlostní komunikace	110
silnice I. třídy	90
ostatní komunikace	40

Tab. 9: Hodnoty průměrných rychlostí v dopravním modelu ve východní Anglii [5, 7]

Typ silnice	Průměrná dopravní rychlost (km/h)		Odpovídající silnice v Česku
	Venkov	Město	
Minor road	22	18	III. třída
B-road single carriageway	39	19	II. třída, 1 pruh
B-road dual carriageway	58	29	II. třída, 2 pruhy
A-road single carriageway	51	29	II. třída, hlavní silnice
A-road single carriageway (trunk)	72	40	I. třída, 1 pruh
A-road dual carriageway	80	40	I. třída, 2 pruhy
A-road dual carriageway (trunk)	87	45	I. třída, 2 pruhy (rychlostní komunikace)
motorway	101	56	dálnice

7.2. Terénní výzkum

Určení výsledných hodnot rychlostí bylo výrazně ovlivněno terénním výzkumem. Zkoumané trasy byly testovány nejen v prostředí GIS, ale také byly reálně projety osobním automobilem a jejich trasa byla zaznamenána na GPS přístroj. Testování bylo provedeno na komunikacích různé délky, typu, zakřivení a na území s různým sklonem. Trasy byly uloženy po sekundových intervalech společně s aktuální rychlostí a nadmořskou výškou. Tyto informace pomohly

stanovit průměrné rychlosti jednotlivých typů silnic na odlišném typu terénu s různými sklony a zakřivením komunikace. Byly využity dva různé automobily a dva různí řidiči. Výsledky terénního výzkumu společně s ostatními jsou zobrazeny v tab. 14. Některé trasy byly projety vícekrát a uvedená hodnota je průměr z jednotlivých časů. V terénu byly používány GPS přístroje GARMIN GPSMAP 60CSx a GARMIN eTrex Legend. Následné zpracování dat z GPS bylo provedeno v softwaru MapSource 6.11.1.

Tab. 10: Hodnoty průměrných dopravních rychlostí ze staršího výzkumu aplikované na typy komunikací z datové sady DMÚ 25 (upraveno dle [14])

Způsob využití komunikace	**Průměrná dopravní rychlost (km/h)**	
	Původní postup (2003)	**Zpřesněný postup (2005)**
dálniční typ	85	85
silnice I. třídy	75	75
silnice II. třídy	55	55
hlavní průjezd	40	40
ulice	35	35
účelová komunikace (včetně silnice III. třídy)	zahrnuto do „ostatní“	40
zpevněná cesta	zahrnuto do „ostatní“	20
přemostění železnic	zahrnuto do „ostatní“	30
ostatní	30	20

7.3. Návrhové a směrodatné rychlosti pro vybrané parametry

Z výsledků terénního výzkumu, tabulek návrhových a směrodatných rychlostí pocházejících z české technické normy a hodnot použitých ve starších výzkumech vznikly tabulky nových zpřesněných hodnot průměrných rychlostí pro úseky komunikací v závislosti na typu silnice, sklonu a zakřivení komunikace. Hodnoty v tab. 11 jsou vztaženy k typům komunikace, které pocházejí z datové sady DMÚ 25, ale jsou použitelné pro jakoukoli jinou datovou sadu. Hodnoty průměrných rychlostí jsou nejdříve rozděleny podle typu komunikace a sklonitosti území na návrhové rychlosti (kap. 4). Intervaly sklonu jsou odvozeny z technické normy. Z těch poté vzniknou na základě zakřivení hodnoty směrodatné, které se již nejvíce přibližují realitě a jsou použity pro ohodnocení (tab. 13). Pouze u směrově rozdělených silnic

(dálnice a rychlostních silnice) nemá na rychlost vliv zakřivení (tab. 12). Intervaly pro zakřivení byly stanoveny na základě terénního výzkumu. Stanovení rychlostí ve zmíněném pořadí je dáno skutečností, že nejdříve hodnotu ovlivní typ a sklon a až poté zakřivení.

Tab. 11: Hodnoty návrhových rychlostí pro ohodnocení na základě typu a sklonu komunikace (zdroj: ČSN [22], starší výzkum [14], terénní výzkum)

Typ úseku		**Druh území podle sklonu**			
		Rovinné (do 3 %)	**Mírně skloněné (3 – 5 %)**	**Pahorkovité (5 – 10 %)**	**Horské (nad 10 %)**
		Rychlost dle sklonu			
dálnice a rychlostní komunikace		110	110	100	90
směrové rozdělené komunikace v obci		80	80	80	70
silnice I. třídy (hlavní silnice)		80	75	70	60
silnice II. třídy (vedlejší silnice)		70	65	60	55
silnice III. třídy (ostatní státní silnice)		65	60	55	50
účelové komunikace		40	35	35	30
zpevněná cesta		20	20	20	15
polní a lesní cesta, pěšina, stezka		20	20	20	15
most, přemostění, podjezd, zúžení		60	60	50	40
obec	hlavní průjezd	40	40	30	20
	ulice	35	30	30	20
úsek komunikace se železničním přejezdem		40	40	30	30

Tab. 12: Směrodatné rychlosti pro směrově rozdělené silnice (zdroj: ČSN [22], terénní výzkum)

Dálnice, rychlostní komunikace a směrově rozdělené silnice	
Návrhová rychlost (km/h)	**Směrodatná rychlost (km/h)**
70	80
80	90
100	110
110	120

Tab. 13: Směrodatné rychlostí dle zakřivení komunikace (zdroj: ČSN [22], terénní výzkum)

Návrhová rychlost (km/h)	**Směrodatná rychlost v km/h při zakřivení**		
	2 % a méně	2 – 5 %	5 % a více
15	25	25	25
20	30	30	30
30	40	40	35
35	45	45	40
40	50	50	45
50	60	60	55
55	65	65	60
60	70	70	60
65	75	70	60
70	80	80	70
75	85	80	75
80	90	80	80

7.4. Manuální postup pro ohodnocení úseků komunikací

Ještě před sestavením algoritmu pro automatické ohodnocení segmentů dopravní sítě bylo třeba celý postup vypracovat a otestovat manuálně na vybraných komunikacích. Při manuálním testování byly použity softwary AcrView 3.3 s extenzí Surface Tools for Points, Lines and Polygons (v. 1.3a) a ArcGIS 9.3 Desktop. Vrstevnice pro vytvoření DMR a liniové vrstvy komunikací pocházely z datové sady DMÚ 25. Pro vybrané parametry byly do atributových tabulek postupně zapisovány hodnoty, ze kterých se vypočítaly průměrné rychlosti pro jednotlivé úseky a následně čas potřebný k projetí. Tento postup byl aplikován na trasy s různým sklonem, zakřivením i typem komunikace, které byly současně testovány i v terénu. Výsledky se tedy mohly reálně porovnávat.

7.4.1. Výpočet průměrného sklonu komunikace

Pro posouzení vlivu podélného sklonu komunikace na průměrnou rychlost je třeba každému úseku přiřadit průměrný sklon. Datový model z roku 2008 tento problém řeší výpočtem sklonu z délky a rozdílu převýšení prvního a posledního bodu úseku [13]. V tomto případě byl model vytvářen na silniční síti z datové sady ArcČR

500, kde jednotlivé segmenty mají délku i několik desítek km a hodnota průměrného sklonu je tedy zcela neobjektivní. Tento způsob by mohl přinést reálné výsledky, pokud by délky úseků byly v řádech stovek metrů. V případě DMÚ 25 tomu tak je, ale v jiných datových sadách jsou průměrné délky úseků zcela odlišné. Jelikož nástroj pro ohodnocení komunikací bude univerzální, bylo třeba nalézt jiný způsob. Vhodnou metodou se stal výpočet s využitím gridu sklonu. Ze všech pixelů, na kterých leží úsek komunikace, byla vypočtena průměrná hodnota. Pro manuální výpočet postačila extenze Surface Tools for Points, Lines and Polygons pro software ArcView 3.3., jejíž autorem je Jeff Jenness. Z vrstevnic byl metodou *topo to raster* v softwaru ArcGIS 9.3 Dektop vytvořen grid s rozlišením pixelu 5 m. Interpolační metoda nemá na výsledky velký vliv. Důležitější je nastavení rozlišení. Pro efektivnější výsledky je vhodné volit rozlišení 5 nebo 10 m (obvyklá šířka komunikace). Ovšem nastavení rozlišení závisí na rozsahu území. Na větších územích je vhodné z hlediska úspory času a objemu dat volit větší rozlišení. Průměrný sklon pak bude brán ze širšího území kolem komunikace, ovšem na výsledky to nemá rozhodující vliv. Vytvořený grid je s liniovou vrstvou komunikace načten do extenze v ArcView, která vytvoří ve vrstvě komunikací nové pole, kde je pro každý úsek vypočten průměrný sklon v procentech. V tomto případě si extenze grid převede na TIN a na něm podle sklonů a povrchové délky zjistí průměrný sklon úseku [9].

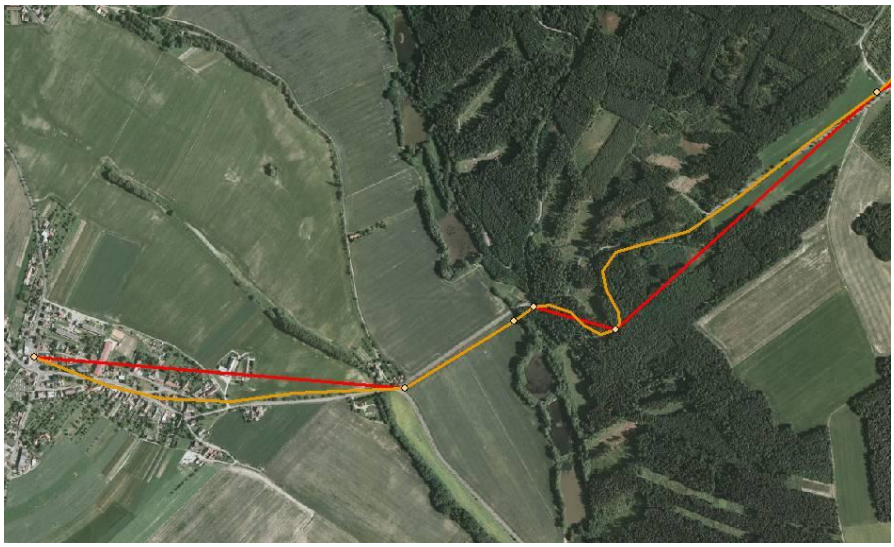
7.4.2. Výpočet průměrné rychlosti na základě typu komunikace

Poté je třeba vyhledat pole se záznamem o typu komunikace a vytvořit nové pole pro zápis rychlostí. Dle tab. 5 jsou identifikovány jednotlivé typy silnic a z tab. 11 jsou podle sklonu a typu komunikace přiřazovány jednotlivým segmentům průměrné návrhové rychlosti.

7.4.3. Úprava rychlosti podle zakřivení komunikace

Výslednou rychlost je nutné ještě upravit podle zakřivení jednotlivých úseků. Výpočet je proveden tak, že se u každého úseku spojí počáteční a koncový bod

přímkou. Do nového pole je poté vypočítán procentuální rozdíl mezi délkou přímky a skutečnou délkou úseku (obr. 7). Z tab. 13 je návrhová rychlosti upravena na rychlost směrodatnou podle intervalu zakřivení. Tato hodnota se již blíží nejvíce skutečnosti a podle ní je určován výsledný čas.



Obr. 7: Výpočet zakřivení úseků komunikací (zdroj: autor)

7.4.4. Výpočet času

Na závěr se vytvoří nové pole pro výsledný čas potřebný k projetí úseku a ten se vypočítá jednoduchým vzorcem z rychlosti a délky: $t = s / v * 3.6$, kde t znamená čas v sekundách, v je rychlost v km/h a s délka v metrech. Výsledný čas projetí celé trasy se zjistí v atributové tabulce funkcí *Statistics* u příslušného pole.

7.5. Testování návrhu ohodnocení na vybraných komunikacích

Postup uvedený v kap. 7.4. je třeba otestovat na vybraných komunikacích. Jedná se o trasy, které byly měřeny v terénním výzkumu. Výsledek manuálního ohodnocení bude tedy možno porovnat s reálnou skutečností. Testování bylo prováděno na komunikacích z datových sad DMÚ 25 a DMÚ 200, které se liší pouze v množství atributových informací a délkách úseků. Rozdíl polohy linií u obou vrstev je nepatrný (obr. 8).

Obr. 8: Porovnání komunikací z datových sad DMÚ 25 (červená) a DMÚ 200 (modrá) (zdroj: autor)

Výsledné sklony budou odvozeny z gridů o rozlišení 5 m, jelikož vybrané trasy mají délku maximálně 30 km. Hodnoty průměrných sklonů tak budou přesnější. K výpočtu budou použity také hodnoty ze staršího výzkumu aplikované na datovou sadu DMÚ 25 (tab. 10). Pro věrohodnost budou výsledky srovnány ještě s několika aplikacemi, které jsou k dispozici na webu a pomocí nichž lze obdobně vypočítat časovou dostupnost mezi konkrétními lokalitami (kap. 3.3.). Plánovače tras pracují na obdobném způsobu jako testovaný algoritmus, ale neberou v úvahu parametry jako sklon a zakřivení komunikace. Každý z nich vyhledává trasy dle vlastních technologií, a proto se výsledky každé trasy liší.

Z tab. 14 je patrné, že výsledky postupu aplikované na datové sady DMÚ 25 a DMÚ 200 jsou srovnatelné s terénním výzkumem, tedy odpovídají realitě. Oproti tomu výsledné hodnoty času ze staršího výzkumu jsou vždy vyšší, což je dáno úpravou rychlosti pouze na základě tříd komunikací, i když byla použita stejná datová sada jako u současného výzkumu. Reálné výsledky z nových hodnot jsou tedy výrazně ovlivněny faktorem sklonu a zakřivení komunikace, což jen potvrzuje důležitost použití těchto parametrů. Výsledné časy z plánovačů tras na mapových portálech jsou také o něco vyšší. Také zde nejsou výsledné hodnoty ovlivněny jakýmikoli morfometrickými parametry ani zakřivením komunikací, ale hlavním faktorem jsou opět třídy silnic. I když je důležitých faktorů celá řada (kap. 4) a každá jízda může být zcela jiná, použití faktorů sklonu a zakřivení se dle výsledků jeví jako velmi vhodné.

Tab. 14: Výsledky postupu pro ohodnocení úseků komunikací aplikovaných na datové sady DMÚ 25 a DMÚ 200 ve srovnání s mapovými portály, starším výzkumem a terénním výzkumem (zdroj: terénní výzkum, vlastní algoritmus, hodnoty plánovačů tras vypočítány z [4, 11, 14, 30])

Zdroj	Délka (km)	Průměrná rychlost (km/h)	Čas
Olomouc – Mohelnice (rychlostní komunikace; převýšení 48 m; délka 29,4 km)			
mapy.cz	29,5	88,5	20 min
amapy.cz	29,65	88,9	20 min
maps.google.com	29,6	98,7	18 min
ViaMichelin	29	102,3	17 min
DMÚ 25 (starší výzkum)	29,33	85	20 min 42 s
DMÚ 25	**29,33**	**109,5**	**16 min 4 s**
DMÚ 200	**28,50**	**110**	**15 min 32 s**
terénní výzkum	29,41	112	15 min 43 s
Mohelnice – Moravská Třebová (silnice I. třídy; převýšení 295 m; délka 18,7 km)			
mapy.cz	18,8	75,2	15 min
amapy.cz	18,67	80	14 min
maps.google.com	18,6	74,4	15 min
ViaMichelin	20	66,6	18 min
DMÚ 25 (starší výzkum)	18,68	73,9	15 min 10 s
DMÚ 25	**18,68**	**82,5**	**13 min 35 s**
DMÚ 200	**18,58**	**81**	**13 min 46 s**
terénní výzkum	18,7	81	13 min 52 s
Topolany – Drahanovice (silnice II. třídy; převýšení 25 m; 8,2 km)			
mapy.cz	8,2	41	12 min
amapy.cz	8,13	61	8 min
maps.google.com	8,1	54	9 min
ViaMichelin	9	49	11 min
DMÚ 25 (starší výzkum)	8,16	50,3	9 min 44 s
DMÚ 25	**8,16**	**64,7**	**7 min 34 s**
DMÚ 200	**8,15**	**67,4**	**7 min 15 s**
terénní výzkum	8,2	66,6	7 min 23 s
Bohuslavice – Vilémov (silnice III. třídy; převýšení 57 m; délka 3,3 km)			
mapy.cz	3,4	34	6 min
amapy.cz	3,24	39	5 min
maps.google.com	3,3	66	3 min
ViaMichelin	4	60	4 min
DMÚ 25 (starší výzkum)	3,28	54	3 min 38 s
DMÚ 25	**3,28**	**60,5**	**3 min 15 s**
DMÚ 200	**3,69**	**57,2**	**3 min 52 s**
terénní výzkum	3,3	52,8	3 min 45 s

8. Tvorba nástroje pro automatické ohodnocení komunikací

Manuální ohodnocení hran silniční sítě dle vybraných parametrů sice vykazuje reálné výsledky, ale postup je velice zdlouhavý, náročný a uživatelsky nepraktický. Cílem práce je tedy vytvořit algoritmus, který všechny kroky předchozího postupu bude provádět automaticky a na základě vstupních podmínek přímo vygeneruje pro každý úsek silnice záznam s průměrnou rychlostí a časem potřebným k projetí. Nástroj bude určen pro software ArcGIS 9.3 Desktop a skript pro nově vytvořený toolbox bude napsán v programovacím jazyce Python (konkrétně ve verzi Python 2.5) v prostředí PythonWin nad platformou Microsoft Windows.

8.1. Python

Python je dynamický objektově orientovaný programovací jazyk, který v roce 1991 navrhl Guido van Rossum. Je vyvíjen jako open source projekt, který zdarma nabízí instalační balíky pro většinu běžných platforem (Unix, Windows, Mac OS). Ve většině distribucí systému Linux je Python součástí základní instalace. Jazyk má vynikající vyjadřovací schopnosti. Kód programu je ve srovnání s jinými jazyky krátký a dobře čitelný [6]. Může se využít v mnoha oblastech vývoje softwaru. Nabízí významnou podporu k integraci s ostatními jazyky a přichází s mnoha standardními knihovnami [23]. Python je kompatibilní s funkcemi a datovými typy jazyka C a C++. V něm také probíhá další vývoj jazyka. Novinkou je také implementace do prostředí .NET, známá pod jménem IronPython od společnosti Microsoft. Existuje také implementace Pythonu v jazyce Java, která se jmenuje Jython. Je také vhodný jako rozšiřující jazyk pro jiné aplikace [24]. Výhodou aplikací napsaných v Pythonu je jejich výkon a v porovnání s jinými jazyky je na tom lépe. Pracuje až 5x rychleji než PHP. Python se snadno vkládá do jiných aplikací, kde pak slouží jako jejich skriptovací jazyk. Tím lze aplikacím psaným v kompilovaných programovacích jazycích dodávat chybějící pružnost. Jiné aplikace nebo aplikační knihovny mohou naopak implementovat rozhraní, které umožní jejich

použití v roli pythonovského modulu. Jinými slovy, pythonovský program je může využívat jako modul dostupný přímo z jazyka Python [2]. To je příklad u softwaru ArcGIS. I pro něho slouží Python jako skriptovací jazyk. Komunikace s funkcemi ArcGIS spočívá ve volání jednotlivých dostupných geoprocessing nástrojů jako objektů.

8.2. Sestavení algoritmu v jazyku Python

Celý zdrojový kód byl napsán v prostředí softwaru PythonWin. Jelikož bude skript využíván v prostředí ArcGIS, bylo nutné nejdříve zpřístupnit geoprocessing nástroje jako objekty pro práci v prostředí Pythonu a vytvořit modul pro geoprocessor, ze kterého se ve formě objektů budou volat jednotlivé funkce přístupné v ArcGIS. Každá funkce z geoprocessoru je pak volána zápisem `gp.*`.

```
import arcgisscripting, sys
gp = arcgisscripting.create()
```

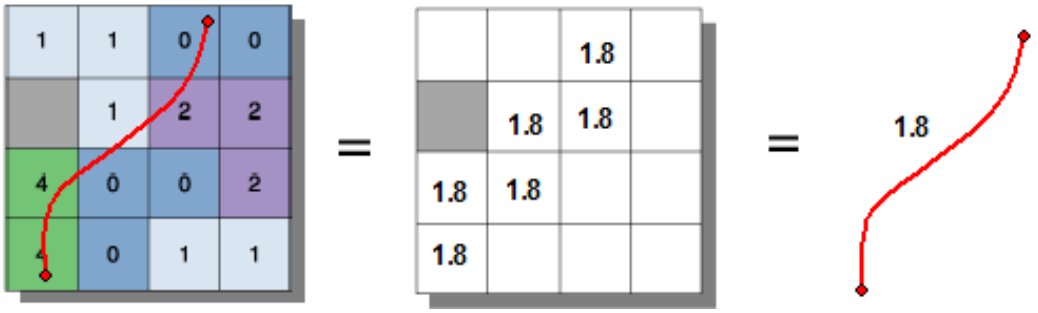
V úvodu bylo třeba nastavit všechny vstupní a výstupní proměnné, které jsou potřebné pro funkci toolboxu. Důležité je také nastavení ostatních proměnných. Především zpočátku nově použitých polí – „Rychlost“ (průměrná rychlost) a „Value“ (jednoznačný identifikátor, který bude potřeba při následném propojování tabulek k výpočtu sklonů).

```
gp.AddField_management(vstup, pole, "long", "4")
gp.AddField_management(vstup, rychlost, "long", "4")

n=0
rows = gp.UpdateCursor(vstup)
row = rows.Next()

while row:
    row.SetValue(pole, n+1)
    rows.UpdateRow(row)
    n=n+1
    row = rows.Next()
del row
del rows
```

Jako první bylo nutné přiřadit jednotlivým segmentům sítě průměrný sklon. V předchozím případě manuálního postupu byla pro výpočet použita extenze Surface Tools for Points, Lines and Polygons pro ArcView. V softwaru ArcGIS lze tento výpočet provézt za pomoci nástroje *Zonal Statistics as Table*, který obsahuje extenze Spatial Analyst. Nástroj vytváří v nové atributové tabulce statistiky (střední hodnota, průměr, maximum atd.) hodnot pixelů rastru na zájmových územích.



Obr. 9: Způsob výpočtu průměrného sklonu pro úsek silnice (upraveno dle [1])

Zájmová území jsou definována plochami jiného rastru, polygony nebo liniemi vektorové mapové vrstvy [31]. Aplikace nástroje vyžaduje načtenou extenzi Spatial Analyst, a proto je její zapnutí ověřeno i ve skriptu. Pokud by extenze nebyla spuštěna, algoritmus neproběhne a zahlásí chybu. Do samotného nástroje se načítá vstupní vrstva komunikací, která definuje úseky, pro něž jsou hodnoty z rastru počítány (jsou odlišeny na základě jednoznačného identifikátoru „Value“) a grid sklonů, který si uživatel předem nad vrstvou komunikací vytvoří. Interpolační metoda nehraje roli a rozlišení si uživatel volí dle velikosti území (pro menší území 5-10 m). Výsledkem je samostatná atributová tabulka *.dbf (uložená v předem zadaném adresáři), která obsahuje statistická data tříděná na základě atributu „Value“ vstupní vektorové vrstvy komunikací. Pomocí nástroje *Add Join* a polí „Value“ v obou tabulkách je do atributů ve vrstvě komunikací přidáno pole s průměrným sklonem jednotlivých úseků.

```
gp.CheckOutExtension("Spatial")
gp.ZonalStatisticsAsTable_sa(vstup,"Value",rastr,tabulka,"DATA")
gp.joinfield_management(vstup, "Value",tabulka, "Value", "Mean")
```

Ve skriptu poté následuje výpočet návrhových rychlostí podle typu komunikaci a již zjištěného sklonu. Tomu předchází výběr datové sady, se kterou uživatel pracuje. Podle vybrané sady jsou do proměnných uloženy pole, ve kterých jsou informace o typu silnic a průměrném sklonu. V zadaných polích algoritmus podle tab. 5 vyhledává hodnoty typů komunikací a k nim přiřazuje podle intervalu sklonu příslušnou rychlost (tab. 11). Tato část algoritmu je nejdelší, protože obsahuje velké množství podmínek pro jednotlivé datové sady. Je zde zohledněno i používání směrově rozdělených silnic (dálnic a rychlostních komunikací). Pokud uživatel zatrhne, že se chce vyhnout placeným úsekům, algoritmus jim přiřadí rychlost 0. Jednotlivé datové sady mohou obsahovat také nepotřebné prvky jako železnice, klad listů atd. Pokud si je sám uživatel neodstraní, je jim přiřazena také rychlost 0, aby byly z následných výpočtů vyloučeny a síťové analýzy přes ně případně nemohly hledat trasy.

```
if sada == "DMU25":

  rows = gp.UpdateCursor(vstup)
  row = rows.Next()
  while row:

    tr=row.TUC1
    sklon=row.MEAN
    druh=row.STYP

    if 10 < sklon and druh == "AP010":
         row.SetValue(rychlost, "15")
    elif trida == "3" and druh == "AQ040":
         row.SetValue(rychlost, "0")
    elif dalnice == "false" and trida == "2":
         row.SetValue(rychlost, "0")
```

Kromě čtyř datových sad v nabídce je zde ještě volba „ostatní“. Tuto možnost uživatel zvolí v případě použití datové sady, která není v nabídce nebo má speciálně upravené atributy. Pro tento případ je předem vytvořen soubor *.csv, kde si uživatel do připravených polí zapíše hodnoty typů komunikací ze své atributové tabulky. Algoritmus tento soubor načte a podle zadaných hodnot hledá konkrétní typy komunikací v atributové tabulce. Následně již algoritmus pracuje obdobně jako u jiných datových sad.

```
if sada == "ostatní":

 f = open(soubor, "rt")

    for line in f:
        dalnice, první_tr, druha_tr, treti_tr, ucelova,
        zpevnena, polni, mesto, most, komentar =
        line.split(",")
```

Poté je třeba přistoupit k výpočtu zakřivení komunikací. V manuálním postupu byl tento krok dosti složitý, ovšem nyní se musí provézt automaticky. Výpočet spočívá v porovnání přímé délky mezi počátečním a koncovým bodem úseku a jeho skutečné délky. K tomu je potřeba nejdříve vytvořit nová pole pro zápis X a Y souřadnic počátečních a koncových bodů linií, skutečné délky, přímé délky a zakřivení. Poté jsou do proměnných načteny souřadnice počátečních a koncových bodů jednotlivých úseků a z nich je vypočítána přímá délka mezi těmito body podle vzorce $s = \sqrt{(first_X - end_X)^2 + (first_Y - end_Y)^2}$, kde *s* je délka a *first_X, end_X, first_Y, end_Y* jsou hodnoty souřadnic. V některých datových sadách chybí záznam se skutečnou délkou jednotlivých segmentů, a proto je vhodné i tento atribut dopočítat příkazem *Length*. Zakřivení je poté vypočítáno jako procentuální rozdíl mezi skutečnou a přímou délkou úseku komunikace podle vzorce $kriv = \frac{skut_s - prim_s}{prim_s} * 100$, kde *kriv* je zakřivení, *skut_s* skutečná vzdálenost a *prim_s* přímá vzdálenost mezi koncovými body.

```
xPoc = "!SHAPE.FIRSTPOINT!.split()[0]"
yPoc = "!SHAPE.FIRSTPOINT!.split()[1]"
xKon = "!SHAPE.LASTPOINT!.split()[0]"
yKon = "!SHAPE.LASTPOINT!.split()[1]"

distance = "Sqr (([PocX] - [KonX])^2+([PocY] - [KonY])^2)"
zakriv = "100*([Delka]-[Distance])/[Distance]"

gp.CalculateField_management(vstup, "PocX", xPoc, "PYTHON")
gp.CalculateField_management(vstup, "PocY", yPoc, "PYTHON")
gp.CalculateField_management(vstup, "KonX", xKon, "PYTHON")
gp.CalculateField_management(vstup, "KonY", yKon, "PYTHON")
gp.CalculateField_management(vstup, "Distance", distance,"VB")
gp.CalculateField_management(vstup, "Zakriveni", zakriv, "VB")
```

Pokud není použita datová sada DMÚ 25, není v atributech žádná informace o skutečnosti, zda silnice leží uvnitř obce či mimo obec. V takovém případě si uživatel může načíst jakoukoli polygonovou vrstvu obcí (např. ze sady DMÚ 200). Jedinou podmínkou je, aby ve vrstvě byly pouze polygony obcí. Pro výběr silnic ležících v obci byla použita funkce *Select Layer by Location*. Tato funkce bohužel nedokáže pracovat s klasickou třídou prvků (*featute class*), ale zpracuje pouze vrstvu *layer*. Tento typ vrstvy se neukládá klasicky na disk, ale vytváří pouze obraz v paměti. Po vypnutí programu je i tato vrstva ztracena. Výhodou je výběr prvků ve vrstvě *layer*, kdy nedochází k úpravě původního souboru [1]. Jelikož je vstupní vrstva *feature class*, musí se z ní nejdříve vytvořit *layer*. Poté je již možné aplikovat samotnou funkci. Algoritmus nalezne všechny úseky, které celé leží uvnitř obce a upraví jejich rychlost podle tab. 11. Často se stává, že úsek silnice leží částečně v obci i mimo ní. Tyto segmenty algoritmus nebude upravovat, jelikož při výjezdu z obce řidič často zvyšuje rychlost nad stanovených 50 km/h.

```
if gp.exists(zastavba):

      gp.MakeFeatureLayer(vstup, "kom_lyr")
      gp.SelectLayerByLocation_management("kom_lyr",
      "COMPLETELY_WITHIN", zastavba)
```

Na závěr jsou podle vypočtených návrhových rychlostí a hodnot zakřivení přepočítány výsledné směrodatné rychlosti v km/h, kterými automobil po úsecích průměrně jede (tab. 13). U směrově rozdělených silnic (dálnice, rychlostní silnice) se také upraví rychlost, ovšem bez ohledu na zakřivení (tab. 12). Směrově rozdělené silnice nemohou být stavěny s velkým zakřivením vzhledem k povolené rychlosti na těchto komunikacích.

Jako poslední zbývá vytvořit nové pole s názvem „Drivetime“ a vypočítat do něho podle směrodatné rychlosti a délky úseku výsledný čas v sekundách, za který automobil projede daný segment. Hodnoty jsou zjištěny podle vzorce $t = s / v * 3.6$, kde t je čas, s délka a v rychlost. Z nových polí zůstanou v atributové tabulce pouze „Delka“, „Rychlost“ a „Drivetime“. Ostatní pole, která byla během procesu vytvořena, jsou poté automaticky odstraněna.

8.3. Tvorba toolboxu pro ArcGIS

Toolboxy v ArcGIS 9.x představují balík všech dostupných a nadstavbových funkcí nad vrstvami, mapami a tabulkami. Jejich součástí jsou tzv. nástroje geoprocessingu, což je souhrnný název pro zautomatizování jednotlivých operací v ArcGIS, jako např. ořez vrstev (*Clip*) či mazání polí tabulky [16].

V práci je stěžejním úkolem vytvořit vlastní uživatelskou nadstavbu nad ArcGIS Desktop 9.x právě v podobě toolboxu. Ten byl nazván „Cost of Roads Tool“. Toolbox obsahuje jediný nástroj, který je označen „Ohodnocení komunikací“ a pracuje na základě skriptu popsaném v předchozím bodu. Bylo třeba pouze vytvořit grafické uživatelské prostředí pro vstupy a výstupy s nastavením příslušných parametrů.

Prvním vstupním parametrem jsou samotné komunikace. Zde si uživatel zadá jakýkoli *.shp soubor s vrstvou komunikací, které mají být ohodnoceny.

Druhý parametr je nepovinný a uživatel zde načítá grid sklonů, pokud chce mít komunikace oceněny podle tohoto morfometrického parametru. Grid si musí uživatel předem vytvořit nad vektorovou sítí komunikací, kterou zkoumá a okolnosti tvorby gridu jsou popsány v kap. 7.4.1.

Třetí parametr je výstupní tabulka *.dbf a je závislá na načtení gridu sklonů, jelikož z něho počítá do externí tabulky statistické hodnoty sklonu pro jednotlivé úseky ve vrstvě komunikací. Pokud tedy není načten grid, není vytvořena ani *.dbf tabulka a rychlost je počítána bez ohledu na tento parametr. Ovšem pro přesnější výsledky je vhodné grid použít.

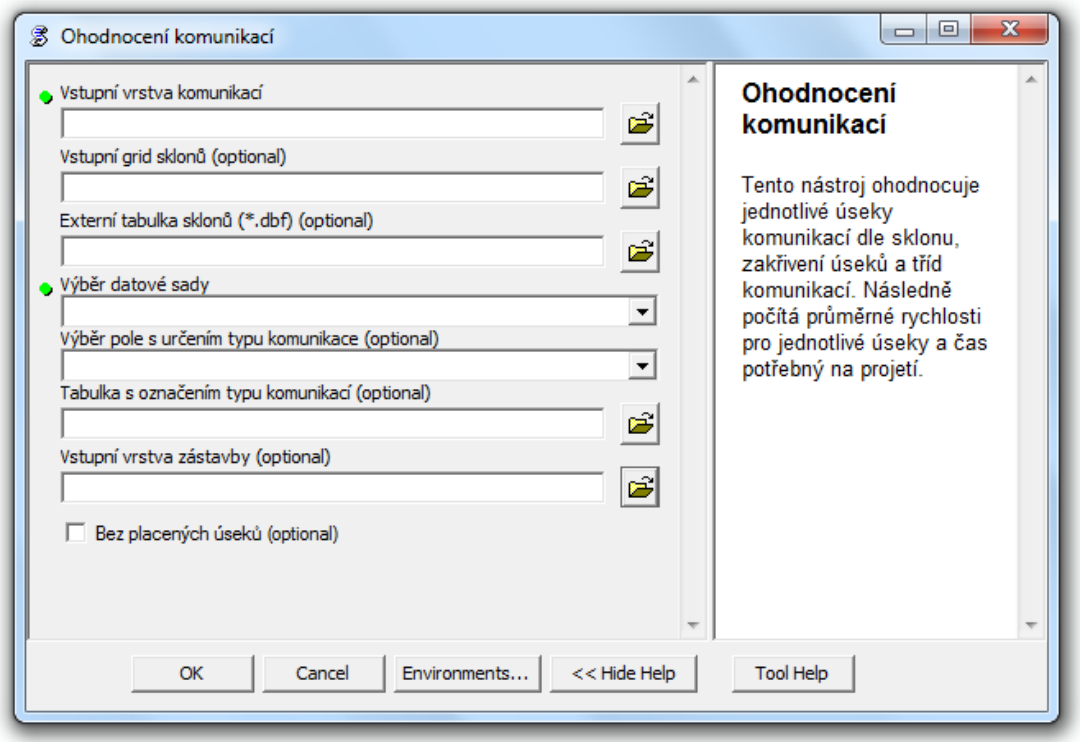
Čtvrtým parametrem je seznam datových sad, z nichž si uživatel vybere tu, kterou zpracovává. Na výběr jsou DMÚ 25, DMÚ 200, ZABAGED a ČR 150. S těmito produkty dokáže algoritmus pracovat na základě znalosti jejich atributů. Pokud by uživatel zpracovával jinou datovou sadu nebo stejnou s upravenými atributy, je nutné označit možnost „ostatní“.

V tom případě se mu zaktivní pátý parametr s nabídkou názvů polí načtené vrstvy komunikací. Zde označí název pole, ve kterém jsou uvedeny třídy komunikace a současně názvy jednotlivých tříd vyplní do stanovených polí v připraveném

souboru „tridy.csv“, který je uložen v adresáři společně s toolboxem. Tímto způsobem dokáže toolbox ohodnotit komunikace z jakékoli datové sady, i když původně neznal její atributy.

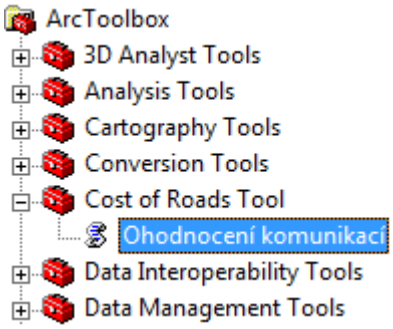
Šestým parametrem je nepovinná vstupní vrstva obcí, která se doporučuje načíst v případě použití jakékoli datové sady kromě DMÚ 25, kde je již informace o poloze úseku v obci obsažena v atributové tabulce. I když je vrstva nepovinná, pro zpřesnění výsledků se doporučuje ji použít. Podmínka je, aby vrstva obsahovala jen polygony obcí.

V posledním sedmém parametru si uživatel volí, zda chce ohodnotit také placené úseky komunikací (dálnice a rychlostní silnice). Pokud tuto možnost zatrhne, chce se vyhnout placeným úsekům a algoritmus těmto segmentům přiřadí čas projetí 9999, což značí neohodnocený úsek. Tento čas algoritmus zapíše i ostatním úsekům, které nepatří do sítě pozemních komunikací a měly by tak být eliminovány ze síťových analýz. Může se jednat o železnice, lanové dráhy, klad mapových listů atd.



Obr. 10: Grafické uživatelské prostředí toolboxu

Po nastavení všech parametrů a kliknutí na tlačítko „OK“ se nástroj spustí a vytvoří tři nová pole, kde jsou pro jednotlivé úseky komunikace vypočteny délky, průměrné rychlosti a časy potřebné k projetí osobním automobilem. Výsledným produktem je soubor „cost_roads.tbx“ s příslušnou složkou obsahující volaný skript „cost_roads.py“ a tabulku „tridy.csv“.



Obr. 11: Nástroj pro ohodnocení komunikací v prostředí ArcToolbox

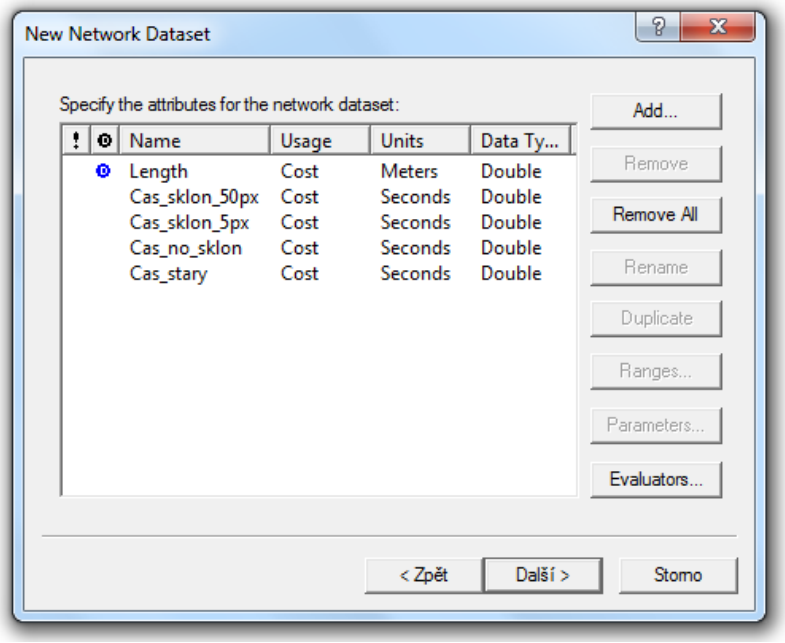
9. Aplikace výsledků s využitím síťových analýz

Výsledné ohodnocení komunikací využívají především síťové analýzy. Délka úseků a čas projetí jsou nejčastější parametry, podle kterých se provádějí analýzy nad vektorovou sítí. Výsledky algoritmu byly testovány v komerčních softwarech ArcGIS 9.3 Desktop a ArcView 3.3 s extenzemi Network Analyst, tedy základních produktech společnosti ESRI. Jako testovací území sloužil mikroregion Hranicko (obr. 6). Z datových sad DMÚ 25, DMÚ 200 a ČR 150 byla vytvořena pro toho území dopravní síť a z vrstevnic (DMÚ 25, DMÚ 200) byly nástrojem *topo to raster* vytvořeny topogridy (rozlišení 5 a 50 m) a z nich následně gridy sklonů. Komunikace byly ohodnoceny a nad těmito daty byly prováděny základní síťové analýzy (kap. 3.2.) na základě různých vstupních parametrů. Pro porovnání byly komunikace ohodnoceny různými způsoby. Nejdříve podle dvou gridů sklonů s různým rozlišením a také podle gridů vytvořených z odlišných vrstevnic (DMÚ 25 – interval 5 m, DMÚ 200 – interval 25 m). Další způsobem ohodnocení bylo bez závislosti na sklonu a poslední podle průměrných hodnot rychlostí ze starších výzkumů. Výsledky byly vzájemně porovnány mezi sebou i s ostatními plánovači tras dostupnými na internetu. Cílem tohoto testování bylo zjistit, jaký vliv má rozlišení pixelu u vstupního gridu sklonu, zda je sklon opravdu významným parametrem při určování průměrné rychlosti a jestli nastavené hodnoty jednotlivých parametrů jsou optimální pro ohodnocení.

9.1. Testování v softwaru ArcGIS

Pro práci v extenzi Network Analyst v softwaru ArcGIS nelze použít vektorovou vrstvu *feature class*, a proto je nutné ohodnocenou síť převést na *Network Dataset*. V prostředí ArcCatalog, po kliknutí pravým tlačítkem myši na vrstvu ohodnocených komunikací a následným výběrem funkce *New Network Dataset* byla vytvořena nová vrstva, se kterou již lze v extenzi pracovat. V tomto případě stačilo ponechat defaultní nastavení v jednotlivých dialogových oknech, kromě atributů pro ohodnocení, podle kterých jsou následné síťové analýzy

prováděny. Jedná se o délku a pole s časovými hodnotami, která jsou výstupem toolboxu (obr. 12). Mimo připravených dopravních sítí byla pro analýzy použita také bodová vrstva obcí mikroregionu Hranicko.



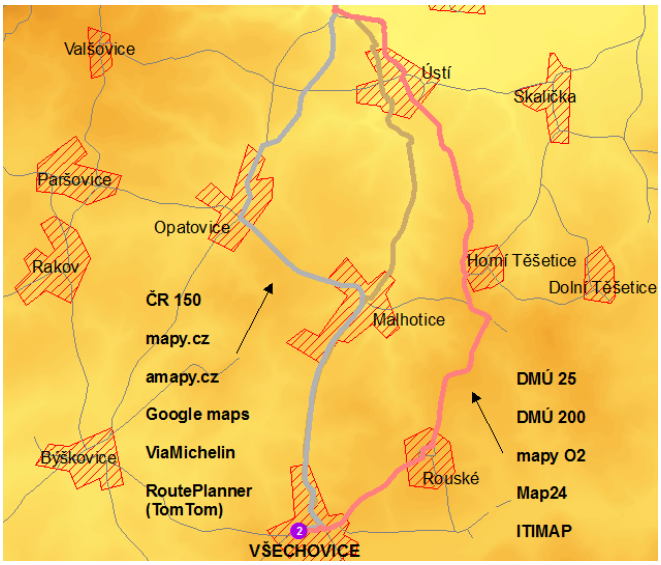
Obr. 12: Výběr atributů s ohodnocením pro výpočet síťových analýz

9.1.1. Hledání cesty

Hledání určité trasy mezi dvěma či více zájmovými body je nejběžnější síťovou analýzou. V extenzi Network Analyst softwaru ArcGIS existují nástroje pro hledání nejkratší, popřípadě nejrychlejší cesty, nejbližšího zařízení i optimální okružní trasy (problém obchodního cestujícího). Tyto analýzy byly testovány na vytvořené dopravní síti ohodnocené dle vybraných parametrů. Pro srovnání byly úseky ohodnoceny dle délky, různých gridů sklonu, bez vlivu sklonu a také podle hodnot staršího výzkumu [19]. Pro všechny ohodnocení byly provedeny stejné síťové analýzy s cílem vybrat to nejoptimálnější. Výsledné trasy byly ještě srovnány s výstupy nejpoužívanějších plánovačů tras v ČR na mapových portálech mapy.cz, amapy.cz, maps.google.com a také na dalších dostupných českých, evropských i světových plánovačích tras (příloha 3 a 4).

a) Hledání nejkratší (nejrychlejší) cesty

Pro tuto analýzu byly vybrány dvě nejvzdálenější obce v mikroregionu Hranicko dostupné z datové vrstvy ArcČR 500. Jedná se o obce Potštát a Všechovice vzdálené od sebe zhruba 25 km. Příkazem *New Route* byl vytvořen nový *Layer*, který obsahoval prázdné zastávky, bariéry a trasu. Jako zastávky byly zvoleny zmíněné obce a trasa byla hledána na základě předchozích ohodnocení. Statistické výsledky z jednotlivých datových sad jsou uvedeny v tab. 16 a srovnání výsledků algoritmu s dostupnými plánovači v tab. 15. Vizuální porovnání vyhledaných tras ze softwaru ArcGIS je zobrazeno v přílohách 1 a 2.



Obr. 13: Rozdílné úseky trasy mezi obcemi Potštát a Všechovice vypočítané softwarem ArcGIS a plánovači tras při hledání nejrychlejšího dopravního spojení (zdroj: autor)

Při porovnání obrazových výsledků je patrné, že algoritmus na základě časového ohodnocení velice správně vybral trasu po silnicích vyšších tříd, která je skutečně nejrychlejší. Při porovnání s plánovači je výsledná trasa téměř identická až na úsek Hranice – Všechovice, který nabízí dvě cesty (obr. 13). První variantou je cesta přes obec Opatovice (obr. 13 – šedá linie) a druhou variantou je cesta přes obec Ústí (červená linie). Většina plánovačů tras vybrala první variantu, jelikož je o 1 km kratší. Nástroj pro hledání tras v softwaru ArcGIS aplikovaný na ohodnocenou

dopravní síť a několik dalších plánovačů vybraly možnost druhou. Důvodem je kratší část úseku vedoucí přes obce, kde je omezená rychlost a také delší část jízdy po silnici II. třídy, kde je průměrná rychlost vyšší než u silnice III. třídy. Díky těmto okolnostem je druhá varianta, kterou vybrala síťová analýza díky ohodnocení komunikací, optimálnější.

Při hledání nejkratší trasy byl výsledek u datové sady DMÚ 200 a ČR 150 stejný jako u většiny vyhledávačů (šedá linie). Pouze u produktu DMÚ 25 vyhledal nástroj cestu (tučná linie spojující Ústí a Malhotice), která byla nejkratší, ale nikoli nejrychlejší. Díky husté dopravní síti vedla i přes zpevněné a polní cesty, což je z praktického hlediska nepřípustné. Pro dopravní účely je tedy vhodnější použít časové ohodnocení.

Tab. 15: Výsledky hledání trasy Potštát - Všechovice v softwaru ArcGIS aplikované na různé datové sady ohodnocené dle sklonu (grid rozlišení 5 m vytvořen z vrstevnic s intervalem 5 m), zakřivení a třídy silnic v porovnání s plánovači tras dostupnými na internetu [4, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 28, 29, 30]

Nástroj		**Nejkratší trasa**		**Nejrychlejší trasa**		
		Délka (km)	Čas	Délka (km)	Rychlost (km/h)	Čas
ArcGIS (Network Analyst)	DMÚ 25	25	31 min 42 s	26,18	58,3	26 min 56 s
	DMÚ 200	25,5	23 min 57 s	26,84	69,1	23 min 18 s
	ČR 150	25,4	24 min 4 s	25,4	63,3	24 min 4 s
mapy.cz (CZ)		25,3	28 min	25,4	54,4	28 min
amapy.cz (CZ)		26,56	30 min	26,34	54,5	29 min
mapy.idnes.cz (CZ)		25,4	28 min 23 s	25,5	55,1	27 min 47 s
mapy O_2 (CZ)		26,1	25 min 17 s	26,7	63,8	25 min 5 s
RoutePlanner Škoda (CZ)		-	-	25	45,5	33 min
Google Maps (USA)		-	-	25,3	46	33 min
Map24 Nevteq (USA)		-	-	27,74	50,4	33 min
ViaMichelin (FR)		26	33 min	26	47,3	33 min
ITIMAP (FR)		25,4	30 min	26,2	54,2	29 min
Route Planner TomTom (NED)		-	-	25,7	51,4	30 min

Z tab. 15 je viditelné, že výsledné časy plánovačů tras dosahují vyšších hodnot než výpočty z ohodnocených komunikací v softwaru ArcGIS. Jelikož výslednou trasu tvoří převážně silnice I. a II. třídy a jediným omezením je projezd přes město Hranice a některé menší obce, tak průměrné rychlosti mezi 45 – 55 km/h

u zahraničních plánovačů nejsou příliš reálné a tomu odpovídají i vysoké hodnoty časů. Důvodem mohou být nesprávně nastavené průměrné rychlosti pro jednotlivé typy komunikací, jelikož v každé zemi jsou jiná pravidla silničního provozu a jiné povolené rychlosti na komunikacích. Výsledky českých plánovačů se liší od výpočtů ArcGIS jen nepatrně, ale jsou vždy vyšší. Jejich výpočet je založen pouze na třídách komunikací a nikoli na sklonu a zakřivení. I když průměrné hodnoty rychlostí nejsou zveřejněny, dle výsledků by mohly být podobné jako v tab. 8, což jsou hodnoty uvedené ve starších výzkumech. Výsledné časy plánovačů a staršího výzkumu jsou si velmi podobné. Vzhledem k terénnímu výzkumu se však jejich průměrné rychlosti projevily jako nízké.

Tab. 16: Srovnání výsledků hledání trasy Potštát - Všechovice v softwaru ArcGIS při různém ohodnocení dopravní sítě aplikovaném na různé datové sady

Ohodnocení	**Nejkratší trasa**		**Nejrychlejší trasa**	
	Délka (km)	Čas	Délka (km)	Čas
DMÚ 25				
sklon (grid rozlišení pixelu 5 m), zakřivení, třída komunikace *	25	31 min 42 s	26,18	26 min 56 s
sklon (grid rozlišení pixelu 50 m), zakřivení, třída komunikace *	25	30 min 53 s	26,22	26 min 35 s
zakřivení, třída komunikace	25	29 min 42 s	26,22	26 min 40 s
třída komunikace (starší výzkum)	25	38 min 19 s	26,22	32 min 22 s
DMÚ 200				
sklon (5 m/px), zakřivení, třída *	25,5	23 min 57 s	26,84	23 min 18 s
sklon (50 m/px), zakřivení, třída *	25,5	24 min	26,84	23 min 26 s
sklon (5 m/px), zakřivení, třída **	25,5	23 min 47 s	26,84	23 min 45 s
zakřivení, třída komunikace	25,5	24 min 17 s	26,84	24 min 13 s
třída komunikace (starší výzkum)	25,5	29 min 6 s	26,84	28 min 55 s
ČR 150				
sklon (5 m/px), zakřivení, třída *	25,4	24 min 4 s	25,4	24 min 4 s
sklon (50 m/px), zakřivení, třída *	25,4	23 min 59 s	25,4	23 min 59 s
sklon (5 m/px), zakřivení, třída **	25,4	24 min 32 s	25,4	24 min 32 s
zakřivení, třída komunikace	25,4	26 min 33 s	25,4	26 min 33 s
třída komunikace (starší výzkum)	25,4	32 min 25 s	25,4	32 min 25 s
* - grid byl vytvořen z vrstevnic datové sady DMÚ 25 (interval vrstevnic 5 m) ** - grid byl vytvořen z vrstevnic datové sady DMÚ 200 (interval vrstevnic 25 m)				

S cílem najít optimální nastavení parametrů pro ohodnocení byly testovány jednotlivé datové sady. Hodnoty časů podle nastavení parametrů ze staršího

výzkumu jsou vysoké vzhledem k nízkým průměrným rychlostem na jednotlivých typech komunikací. Z terénního výzkumu bylo zjištěno, že sklon komunikace má vliv na výslednou rychlost, proto nejoptimálnějších výsledků dosahovaly komunikace ohodnocené dle sklonu, zakřivení i tříd. Testován byl také vliv různých parametrů při tvorbě gridu sklonů. Interpolační metoda nehraje příliš roli, ale důležité je rozlišení gridu. Výsledek je patrný v tab. 16. Při rozlišení pixelu 5 m byly hodnoty časů většinou vyšší, jelikož průměrný sklon úseků je počítán z menšího okolí a odpovídá tedy skutečnému sklonu na komunikaci než u rozlišení 50 m, kde jsou průměry počítány z velké plochy a nabývají tedy nižších hodnot. To má za následek vyšší průměrnou rychlost a kratší dobu potřebnou na projetí než u rozlišení 5 m. Ovšem rozdíly nejsou příliš velké, a tak se při rozsáhlejším testovaném území doporučuje nastavit větší rozlišení vzhledem k úspoře dat a pracovního času.

b) Hledání nejbližšího zařízení

Pro tuto síťovou analýzu bylo vybráno město Hranice, tedy centrum mikroreginu a jako hledaná zařízení sloužila ostatní obce. Nešlo přitom o hledání jednoho nejbližšího zařízení, ale o spojení města se všemi obcemi podle vzdálenosti a časové dostupnosti. V praxi by tato analýza byla využita při výzkumu dojížďky do zaměstnání. Postup byl podobný jako u předchozí síťové analýzy. Pro dopravní síť byl příkazem *New Closest Facility* vytvořen nový *Layer*, do kterého bylo načteno město Hranice (*Incidents*) a jako zařízení byly nahrány ostatní obce mikroregionu (*Facilities*). Nakonec bylo nastaveno vyhledávání tras buď podle vzdálenosti nebo časové dostupnosti. Dopravní síť byla použita z datové sady DMÚ 25 a výsledky analýzy jsou zobrazeny v příloze 1.

Z praktického hlediska jsou použitelné pouze trasy vypočítané na základě časové dostupnosti. Díky ohodnocení komunikací síťová analýza najde nejen trasy nejrychlejší, ale automaticky se vyhne takovým úsekům jako lesní a polní cesty, železnice, účelové komunikace apod. V tom je velká výhoda ohodnocení. Naopak při hledání nejkratších spojení algoritmus zohledňuje pouze délku úseků a trasy prochází i přes výše zmíněné typy komunikací, což nemůže poskytnou žádné věrohodné informace a použitelné výsledky.

9.1.2. Alokace zdrojů

Tato síťová analýza umožňuje pro zadané zdroje vypočítat nad určitou sítí plochy obsloužené zadaným zdrojem, tedy určit spádové oblasti. Tím zdrojem mohou být města, budovy nebo jakékoli zájmové body, pro které je zjišťována obslužnost. Podobně jako v předchozí analýze bylo zájmovým bodem zvoleno město Hranice. Úkolem bylo vytvořit spádové oblasti pro toto centrum. Pro celý mikroregion byly vytvořeny zóny obsloužené městem Hranice podle vzdálenosti a času vypočítaného na základě vytvořeného toolboxu. Jako dopravní síť byly použity vrstvy komunikací z datových sad DMÚ 25 a DMÚ 200 a na ně byl aplikován nástroj *New Service Area*. Výsledky této síťové analýzy by mohly být použity při studiu dojížďky do zaměstnání. S ohledem na předchozí výzkumnou činnost se podařilo specifikovat časový interval 45 minut jako maximální přijatelnou dobu dojížďky zaměstnance k zaměstnavateli za prací [17]. Vzhledem k velikosti území je maximální doba dojížďky 25 minut a vzdálenost 20 km (příloha 5). Dalším možným využitím by mohla být dojížďka dětí do základních škol, kdy jsou pro jednotlivé obce tvořeny spádové oblasti a děti jsou podle nich přiřazovány do jednotlivých škol.

V příloze 5 jsou porovnány jednotlivé zóny obslužnosti vypočítané na základě vzdálenosti a času. Jednotlivé délkové intervaly byly zvoleny po 5 km a časový interval 5 minut. Zóny časové dostupnosti byly vytvořeny nad různými datovými sadami. Z obrázků je zřejmé zkrácení doby cesty v oblastech podél silnic I. třídy. Problémem sou periferní oblasti, kde software neumožňuje bez návazné silniční sítě dopočítat hodnoty až k hranicím mikroregionu.

9.2. Testování v softwaru ArcView

I druhým testovaným softwarem byl produkt od společnosti ESRI. Pro porovnání byly na dopravní síť aplikovány stejné nástroje jako v předchozím případě. Ovšem oba produkty od ESRI používají pro některé nástroje stejné algoritmy, a proto i výsledky jsou mnohdy totožné. Výjimkou byly nástroje

pro určení servisních oblastí a pro hledání nejbližších zařízení od zvoleného zdroje, které v obou softwarech vytvořily odlišné výstupy, i když byly použity stejné dopravní sítě a bodové vrstvy obcí (příloha 6).

Výhodou softwaru ArcView je provádění síťových analýz přímo nad liniovou vrstvou komunikací bez nutnosti tvorby speciální vrstvy jako v případě softwaru ArcGIS. Dalším pozitivem je automatický převod výsledku síťové analýzy do formátu *.shp. Oproti tomu ArcGIS vytváří pouze vrstvu *layer*, která při neuložení projektu je smazána. Naopak nevýhodou je nutnost pojmenování pole s ohodnocením určitým výrazem srozumitelným pro ArcView, aby mohly být síťové analýzy počítány podle oceněného pole. Proto toolbox počítá výsledný čas do pole s názvem *„Drivetime“*, aby bylo srozumitelné pro oba softwary.

10. Diskuze

Magisterská práce se zabývá vlivem morfometrických a ostatních parametrů na časovou dostupnost automobilové dopravy. Tato tematika je popsána v celé řadě dostupných zdrojů, které byly pečlivě nastudovány a využity k vytvoření ucelené rešerše, týkající se veškerých faktorů ovlivňujících rychlost na komunikacích. Ve starších studiích byl nejdůležitějším faktorem většinou typ komunikací a morfometrické parametry nebyly vůbec zohledněny. Například sklon, který je jedním z důležitých parametrů, byl využit jen v málo případech a to ne zcela přesně (kap. 7.4.1.). Dalším vybraným parametrem, který ve starších studiích nebyl hodnocen, je zakřivení komunikací. Dle ČSN je dokonce jedním ze základních faktorů pro stanovení průměrné rychlosti. Jediným společným parametrem pro všechny práce včetně této je typ komunikace. Slouží jako základ pro stanovení průměrné rychlosti. I zde však může docházet k chybám. Nepřesnost v odhadu průměrné rychlosti o 10 km/h při hodnotách kolem 60 km/h na úseku dlouhém 20 km má za následek zkreslení hodnot o cca 3 minuty. Každá studie používá jiné hodnoty pro jednotlivé typy, ovšem všechny studie mají s postupem času tendenci zvyšovat průměrné hodnoty, jelikož vývoj osobních automobilů, výstavba nových komunikací a celkové dopravní řešení jízdu a plynulost dopravy urychluje, což dokazují terénní výzkumy.

I zde se stal terénní výzkum důležitou součástí při stanovení průměrných hodnot pro jednotlivé komunikace. Bylo vybráno několik testovacích tras, které byly projety osobním automobilem a zaznamenány na GPS přístroj. Pro větší efektivitu byly některé trasy absolvovány vícekrát a hodnoty zprůměrňovány, jelikož výsledek jednoho měření nemusí být přesný. Všechny trasy byly projety plynule a bez zásadních zpomalení. Tomu odpovídají i hodnoty časů. V tomto ohledu může být výzkum nepřesný, protože každá jízda může být zcela jiná a ovlivňovat ji může spousta nečekaných faktorů (počasí, dopravní zácpy, nehody,…). Ovšem při snaze vytvořit univerzální nástroj je nutné tyto faktory eliminovat.

Po vytvoření manuálního postupu na ohodnocení komunikací bylo třeba celý proces zautomatizovat. Nabízela se možnost tvorby spustitelného skriptu psaného

v jazyku Avenue pro software ArcView nebo sestavení nástroje ve formě toolboxu do softwaru ArcGIS. Nakonec byla zvolena druhá možnost vzhledem k současnému použití a vývoji softwaru ArcGIS, množství jeho dostupných geoprocessing nástrojů a zároveň stagnaci tvorby skriptů v jazyku Avenue. Toolbox pracuje na základě skriptu psaného v jazyku Python a uživatelské prostředí nástroje bylo vytvořeno přímo v softwaru ArcGIS. Samotná tvorba skriptu zabrala nejvíce času, jelikož bylo nutné nejdříve ovládat programování v jazyku Python. Výhodou je obsáhlá a srozumitelná nápověda v softwaru ArcGIS, která urychlila výuku.

Samotné použití nástroje by mělo být bez potíží. Uživatel si nahraje vrstvu komunikací a grid sklonů, který není ovšem povinný (uživatel nemusí vždy mít k dispozici vrstevnice pro sledované území). Jediným problémem by mohla být volba datové sady. V nabídce jsou čtyři předdefinované produkty, které algoritmus rozezná a dokáže s nimi pracovat. Celý proces je ovšem založen na hledání hodnot v atributové tabulce a je tedy nutné, aby uživatel použil datovou sadu s neupravenými názvy polí pro třídy komunikací nebo samotnými hodnotami. V opačném případě by algoritmus sadu nerozeznal a zahlásil by chybu. Ovšem není vyloučeno, že s novými verzemi produktů se budou měnit i atributy. V tom případě je v nabídce možnost „ostatní“, kdy si sám uživatel vybere název pole s třídami komunikací a samotné hodnoty zapíše do externí *.csv tabulky. Tímto se nástroj stává nezávislý na jakoukoli datovou sadu, což je výhodou. Ošetřeny jsou i možnosti uživatelské chyby. Pokud nastane chyba v datech nebo jakékoli špatné nastavení parametrů, uživatel je upozorněn ve formě zprávy, kde udělal chybu.

Na závěr bylo úkolem otestovat výsledky toolboxu v extenzi Network Analyst u softwarů ArcView a ArcGIS. V prvním případě bylo testování velice jednoduché, jelikož software ArcView nenabízí příliš mnoho funkcí spojených se síťovými analýzami. U druhého produktu společnosti ESRI byl již prostudován tutoriál, jelikož příprava dat na použití i samotná práce v extenzi Network Analyst je poměrně složitější, ovšem poskytuje rozsáhlé využití síťových analýz. Jednotlivé výsledky bylo možno porovnávat nejen mezi sebou, ale také s dostupnými plánovači tras, které pracují na podobném principu vyhledávání. Ke srovnání byly vybrány nejpoužívanější české i světové plánovače. Každý z nich vyhodnocuje trasy podle různých parametrů, a proto i hodnoty časů jsou rozdílné. Lze ovšem říci, že výsledné

hodnoty časů pro jednotlivé trasy jsou vždy o něco vyšší než výsledky této i starších studií. Algoritmy jednotlivých plánovačů pracují totiž s nízkým nastavením rychlostí pro jednotlivé typy komunikací, které jsou mnohdy nereálné (tab. 15). Ovšem jak již bylo řečeno, každá jízda je jiná a záleží vždy na řidiči, jak se po komunikaci pohybuje, a proto nelze zcela přesně určit optimální čas k projetí.

Výsledky toolboxu jsou určeny pro jakýkoli software, který dokáže pracovat atributovým ohodnocením a následně ho využít v síťových analýzách. Je závislý pouze na vstupní vrstvě komunikací a poté již záleží na uživateli, jaká další data má k dispozici, aby dopravní síť ohodnotil co nejpřesněji. Využít se může jako doplněk při výuce síťových analýz nebo jen k výpočtu časové dostupnosti vybraných tras.

11. Závěr

Magisterská práce s názvem „Vztah digitálního modelu reliéfu a síťových analýz při řešení dopravních úloh“ byla realizována na Katedře geoinformatiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého pod vedením Mgr. Jany Svobodové. Cílem této práce bylo prostudovat danou problematiku jak z teoretického, tak především z praktického hlediska.

Nejprve byla nastudována literatura s podobnou tematikou a následně byla vypracována úvodní teoretická část práce. V rešerši byla obecně definována teorie grafů a následně vysvětleny základní síťové analýzy. Poté byly vyhodnoceny všechny parametry, které ovlivňují rychlost na komunikacích a z nich vybrány ty, které jsou nejdůležitější a především použitelné pro práci v prostředí GIS.

Pro praktickou část byla nejdříve upravena vybraná data z území Olomouckého kraje. Jednalo se o úseky komunikací různého typu s odlišným sklonem a zakřivením. Na základě terénního výzkumu, starších studií a české technické normy byly stanoveny hodnoty průměrných rychlostí pro jednotlivé vybrané parametry. Podle těchto hodnot byl vytvořen postup pro automatické ohodnocení úseků komunikací, který dle typu komunikace, intervalu sklonu a zakřivení přiřadí každému úseku hodnotu průměrné rychlosti. Z délky a průměrné rychlosti se poté vypočítá čas potřebný k projetí úseku osobním automobilem.

Za pomocí jazyka Python byl tento postup naprogramován, což bylo hlavním úkolem práce. Funkci skriptu využívá nově vytvořený toolbox určený pro software ArcGIS 9.x Desktop, kde si uživatel jednoduchou formou načte vstupní data a algoritmus provede automatické ohodnocení podle zadaných parametrů. Algoritmus ovšem počítá s tím, že dopravním prostředkem je fiktivní automobil, který má konstantní rychlost po celé délce úseku, nečeká na křižovatkách při odbočování a má stejnou rychlost v obou směrech na daném úseku komunikace.

Vzniklým nástrojem byly ohodnoceny komunikace v mikroregionu Hranicko a na nich testovány síťové analýzy v prostředí ArcGIS a ArcView. Podle různého zadávání parametrů bylo zjištěno, že komunikace ohodnocené dle všech vybraných parametrů přinášejí optimálnější a přesnější výsledky, než komunikace ohodnocené

jen na základě tříd komunikací, jako tomu bylo ve většině předchozích studií. Přesnost výsledků byla především porovnávána s terénním výzkumem. Další možnost srovnání nabídly běžně dostupné české i světové plánovače tras. Ukázalo se, že plánovače počítají dané trasy s příliš velkými rezervami a jejich výsledný čas byl vždy o něco vyšší a mnohdy neodpovídá realitě. Rozlišení gridu či výběr datové sady nemá na výsledky rozhodující vliv, ovšem čím přesnější je použitá datová sada s množstvím potřebných atributových informací a zvoleno menší rozlišení gridu, tím přesnějších výsledků algoritmus dosahuje. Dle výstupů se jako nejvhodnější jevila datová sada DMÚ 25 společně se vstupním gridem sklonu o rozlišení 5-10 m.

Závěrem lze říci, že se podařil prokázat vztah DMR a síťových analýz. Problematika byla dostatečně prozkoumána a hlavní cíle práce byly splněny. Software ArcGIS se pro jednotlivé operace projevil jako vhodný nástroj.

12. Literatura a použité zdroje

[1] ARCGIS 9.3 DESKTOP HELP [online]. 2009 [2009-09-14]. Dostupné z WWW: <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=welcome>

[2] BEAZLEY, D. (2002): Python: referenční programátorská příručka. Neocortex, Praha.

[3] BRAINARD, J., LOVETT, A., BATEMANN, I. (1997): Usány isochrone surfaces in travel-cost models. Journal of Transport Geography, 5, č. 2. Elsevier, The Nederlands, s. 117 – 126.

[4] GOOGLE MAPS [online]. 2010 [2010-07-05]. Dostupné z WWW: <http://maps.google.cz>

[5] GUTIÉRREZ, J., URBANO, P. (1996): Accessibility in the European Union: the impact of the trans-European road network. Journal of Transport Geography, 4, č. 1. Elsevier, The Nederlands, s. 15 -25.

[6] HARMS, D., MCDONALD, K. (2008): Začínáme programovat v jazyce Python. 2. vydání, Computer Press, Brno.

[7] HUDEČEK, T. (2008): Model časové dostupnosti individuální automobilovou dopravou. In: Sborník České geografické společnosti, číslo 113, Praha, 14 s.

[8] ITIMAP [online]. 2010 [2010-07-05]. Dostupné z WWW: <http://www.vialys.fr>

[9] JENNESS ENTERPRISES [online]. 2010 [2010-03-16]. Dostupné z WWW: <http://www.jennessent.com/arcview/surface_tools.htm>

[10] KRCHO, J. (1990): Morfometrická analýza a digitálne modely georeliéfu. Slovenská akadémia vied, Bratislava.

[11] MAPY CENTRUM [online]. 2010 [2010-07-05]. Dostupné z WWW: <http://amapy.centrum.cz>

[12] MAPY IDNES [online]. 2010 [2010-07-05]. Dostupné z WWW: <http://mapy.idnes.cz>

[13] MAPY O_2 [online]. 2010 [2010-07-05]. Dostupné z WWW: <http://mapy.o2active.cz>

[14] MAPY SEZNAM [online]. 2010 [2010-07-05]. Dostupné z WWW: <http://mapy.cz>

[15] NAVTEQ [online]. 2010 [2010-07-05]. Dostupné z WWW: <http://www.cz.map24.com>

[16] PAVKOVÁ, K. : Toolbox pro analýzu struktury krajiny [online]. 2008 [2010-07-12]. Dostupné z WWW: <http://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/bakalarske/pavkova08/zprac.html>

[17] PEŇÁZ, T. (2005): Hodnocení individuální neveřejné dopravy ve vztahu k vybraným ukazatelům trhu práce. In: Sborník z konference GIS Ostrava 2005, Ostrava, 14 s. (23.-26.1. 2005)

[18] PEŇÁZ, T. (2005): Zpřesnění liniového dopravního modelu sítě silničních komunikací pro účely analýzy dopravní dostupnosti. In: Sborník z konference GIS Ostrava 2005, Ostrava, 14 s. (23.-26.1. 2005)

[19] PEŇÁZ, T. : Síťové analýzy v prostředí GIS [online]. 2006 [2010-04-18]. Dostupné z WWW: <http://gisak.vsb.cz/~pen63/Systemy_GIS_v_PO/Sitove_analyzy_GIS.pdf>

[20] PLANstudio [online]. 2010 [2010-05-10]. Dostupné z WWW: <http://www.planstudio.cz/nabidka-dat-pro-planovani-cest-a-navigaci.html>

[21] PORTÁL VEŘEJNÉ SPRÁVY [online]. 2010 [2010-06-12]. Dostupné z WWW: <http://www.portal.gov.cz/wps/portal/_s.155/703/.cmd/ad/.c/311/.ce/10823/.p/8413/_s.155/703?PC_8413_l=361/2000&PC_8413_ps=10&PC_8413_p=18>

[22] PROJEKTOVÁNÍ SILNIC A DÁLNIC – ČSN [online]. 2000 [2010-03-05]. Dostupné z WWW: <http://www.fce.vutbr.cz/PKO/0M2/CSN736101-000-040.pdf>

[23] PYTHON [online]. 2010 [2010-06-20]. Dostupné z WWW: <http://www.py.cz/FrontPage>

[24] PYTHON – official website [online]. 2010 [2010-06-19]. Dostupné z WWW: <http://python.org>

[25] RAPANT, P. (2002): Úvod do geografických informačních systémů. VŠB – TU, Ostrava.

[26] SLADKÝ, J. : Optimalizace dat pro analýzu nad sítí v prostředí ESRI geodatabáze [online]. 2007 [2010-05-06]. Dostupné z WWW:

<http://gis.zcu.cz/studium/pdb/referaty/2007/Sladky_SitovaDataVGDB/index.html#d0e125>

[27] SMOLOVÁ, I., VÍTEK, J. (2007): Základy geomorfologie – vybrané tvary reliéfu. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc, UP.

[28] ŠKODA AUTO [online]. 2010 [2010-07-05]. Dostupné z WWW: <http://www.skoda-auto.cz/cze/applications/routeplanner/pages/routeplanner.aspx>

[29] TOMTOM [online]. 2010 [2010-07-05]. Dostupné z WWW: <http://routes.tomtom.com>

[30] VIAMICHELIN [online]. 2010 [2010-07-05]. Dostupné z WWW: <http://www.viamichelin.com>

[31] VELHARTICKÝ, D. (2009): Bezešvá vektorová reprezentace III. vojenského mapování. [Diplomová práce], Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Katedra matematiky, 114 s.

[32] VELHARTICKÝ, D. : Analýzy nad vektorovou sítí [online]. 2006 [2010-05-04]. Dostupné z WWW: <http://gis.zcu.cz/studium/apa/referaty/2006/Velharticky_AnalyzyNadVektorovouSiti/>

[33] VOŽENÍLEK, V. (2002): Diplomové práce z geoinformatiky. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc, UP.

[34] VOŽENÍLEK, V. a kol (2001): Integrace GPS/GIS v geomorfologickém výzkumu. Olomouc, Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc, UP.

[35] VŠB - KOMUNIKACE A KŘIŽOVATKY [online]. 1997 [2010-05-10]. Dostupné z WWW: <http://fast10.vsb.cz/mahdalova/mestkom/predna01.pdf>

[36] VÚT - SILNICE A DÁLNICE I. [online]. 2006 [2010-03-06]. Dostupné z WWW: <http://www.fce.vutbr.cz/PKO/0M2/PREDN6/rychlost.htm>

Použitý software:

ArcGIS 9.3 Desktop, ESRI, 2008.

ArcView GIS 3.3, ESRI, 2002.

Mapsource 6.11.1, Garmin, 2006.

Python 2.5, Python Software Foundation, 2007.

Summary

This diploma thesis studies the relation between digital elevation model and network analysis at solving of traffic tasks. There are the main aims of thesis. The first aim was to find out the morphometric and the other parameters which affect the speed on the roads. Then there were set scales of speeds for the cost of the road segments based on the choice of parameters. The main aim is to draw up an algorithm for automatic cost of traffic network based on the choice of parameters and finally creating of toolbox for ArcGIS.

These parameters were important for the work: an average slope of segments, the curvature of segment, type of roads (it means the classification of all segments into motorways, main roads, secondary roads, forest roads, bridges and so on) and the urban area (the segments can either be in an urban area or not).

On the other side there are a lot of parameters which affect speed in traffic like weather, cars, drivers, intensity of traffic, closures of traffic, traffic jams and so on. These parameters are variable and unusable.

Very important task was to assess the speed values for the cost of road segments based on the chosen parameters. The intervals of slope and speed values were derived from the field research, studies about analysis of the transport accessibility and the Czech Technical Norm about the projection of roads and motoways.

The specification of road types was done in dependence on different data sets and their attributes. The best information was provided by the database Digital feature data 25 (DMU25). In this data set the roads match the contour lines, segments have important attributes and ideal length for analysis of this thesis. Testing was performed on roads with the different length, elevation, slope, type of road and curvature of road.

Software ArcView and ArcGIS were used for manual computing and testing. Data from GPS were processed in Mapsource. The Script for automatic computing was written in Python Language.

The algorithm calculates and adds these fields to atribute table for every segmet of roads - the average slope in percentage, the curvature of segment in percentage, speed in km/h and time in seconds. The time for every segment will be calculated from attributes of length, type of road, slope, curvature of road and speed. This field will be used as the cost field in network analysis.