

Vztah digitálního modelu reliéfu a síťových analýz při řešení dopravních úloh

Michal Louthan

Katedra geoinformatiky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci,
Třída Svobody 26, 771 46 Olomouc
michal.louthan@seznam.cz

Abstrakt. Tato práce se zabývá faktory a parametry ovlivňujícími rychlost osobních automobilů na komunikacích. Problematika síťových analýz a parametrů, které ovlivňují rychlost na komunikacích, je obecně popsána v teoretické části. Byly vybrány nejdůležitější parametry, které mohou být vhodně modelovány v prostředí GIS. Praktická část je založena na terénním výzkumu, testování vybraných parametrů ve zvoleném GIS softwaru (ArcGIS 9.3 Desktop, ArcView 3.3) a vytvoření manuálního postupu pro výpočet průměrné rychlosti a času pro projetí úseků komunikací. Hlavním úkolem bylo naprogramovat algoritmus pro automatické ohodnocení dopravní sítě, založený na vybraných parametrech a na závěr vytvořit toolbox pro software ArcGIS. Skript pro automatické ohodnocení komunikací byl napsán v jazyce Python.

Klíčová slova: ohodnocení komunikací, síťové analýzy, digitální model reliéfu, morfometrické parametry, plánovač tras, dopravní síť

Abstract. This thesis deals with problematic of factors and parameters affecting the speed of cars on the roads. The network analysis problematic and parameters which affect the speed on the roads are described in the theoretical part. There were chosen the most important parameters, which can be properly modeled in GIS environment. The practical part is based on field research, the testing of the chosen parameters in selected GIS software (ArcGIS 9.3 Desktop, ArcView 3.3) and creating the manual technique for computing of the average speed and time for drive of road segments. The main aim was to draw up an algorithm for automatic cost of traffic network based on the choice of parameters and finally creating of toolbox for ArcGIS. The script for automatic computing was written in Python language.

Keywords: cost of roads, network analysis, digital elevation model, morphometric parameter, route planner, speed, traffic network

1 Úvod

V současné době je trendem budování dopravní infrastruktury, která reaguje na neustálý růst intenzity dopravy. Téměř všechna odvětví hospodářství jsou závislá na přepravě osob a zboží. Pro přepravu je důležitý čas, resp. rychlost přepravy. Ta se neustále mění v prostoru i čase a je velice náročné stanovit průměrnou přepravní rychlost automobilů na určitém úseku. V reálném světě ovlivňuje jízdu po pozemní komunikaci celá řada přímých i nepřímých faktorů. Jedním ze základů dopravní

problematiky je samotné stanovení optimální trasy mezi dvěma či více místy v dopravní síti. To je zvláště komplikované v místech, kde je dopravní síť velice hustá a nabízí více variant přepravy mezi počátkem cesty a jejím cílem. Navíc je v praxi často požadováno nalezení spíše cesty nejrychlejší (nejekonomičtější) než nejkratší, což nemusí vždy znamenat totéž.

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.

Hlavním cílem bylo vytvořit postup (algoritmus) pro automatické „ohodnocení“ dopravní sítě v závislosti na parametrech ovlivňujících rychlost na komunikacích. Výstupem práce je toolbox pro software ArcGIS Desktop, který ohodnocuje úseky komunikací a přiřazuje každému z nich hodnoty průměrné rychlosti a čas projetí úseku. Tyto hodnoty se následně využívají v síťových analýzách.

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 české státní normy (dále ČSN). Bylo nastudováno i několik předchozích prací z dané tematiky a výsledné hodnoty byly i částečně upraveny podle těchto studií. Ovšem největší význam na stanovení výsledných hodnot rychlostí měl terénní výzkum, kde se hodnoty porovnávaly s reálnou skutečností.

Studiem časové dopravní dostupnosti se v minulosti zabývalo několik prací (např. [1, 2, 4]). 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. Jedním z příkladů je model studující budoucí transevropskou silniční síť z roku 1996. či výzkum zabývající se dopravní situací ve východní Anglii z roku 1997 [1]. 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.

2 Analýza a implementace parametrů v prostředí GIS

Důležitým úkolem bylo zhodnotit veškeré parametry, které mohou nějakým způsobem ovlivnit rychlost na komunikacích a stanovit jejich významnost. Důraz byl kladen na parametry morfometrické. Parametrů ovlivňujících rychlost je celá řada. Bylo potřeba vybrat ty nejdůležitější a především použitelné pro práci v prostředí GIS.

První skupina parametrů je *pevně* stanovena a nemění se na určitém místě v čase. Vzhledem k této skutečnosti lze tyto faktory pro potřeby prostorových analýz modelovat v prostředí GIS.

Jedním z nejdůležitějších parametrů, který ovlivňuje rychlost, je *hierarchické členění silniční sítě*. Do jisté míry se však jedná o více zahrnující faktor kumulující v sobě

některé ostatní jako například počet jízdních pruhů, povrch či směrové rozdělení. S tím souvisí také *rychlostní limit* na jednotlivých typech komunikací. Rychlostní omezení je v každé zemi stanoveno jinak. Některé datové sady obsahují také informace o výskytu úseku v obci, a tak lze výslednou rychlost podle toho upravit. Dle typu komunikace je ovlivněna také *početem jízdních pruhů* a *šířkou silnice*, která značně ovlivňuje průměrnou rychlost dopravního proudu. Tyto parametry se dají nazvat primárně implementovatelné. Obsahuje je téměř každá uvedená datová sada a uživatel tak nepotřebuje žádná další podpůrná data či informace pro jejich výpočet.

Dalším důležitým parametrem je *sklon komunikace*. ČSN rozděluje sklon komunikací na podélný a příčný. Podélný sklon komunikace určuje ve směru jízdy stoupání, klesání a vodorovné plochy. Pro výstavbu silnic jsou dle ČSN stanoveny hodnoty maximálních podélných sklonů podle členitosti reliéfu. Příčný sklon určuje odklonění roviny vozovky v příčném řezu. Druhým morfometrickým parametrem, který může ovlivňovat rychlost, je *křivost terénu*. V ČR však vzhledem k častému zařezání komunikací do terénu nemá křivost terénu na tvar silnice příliš velký vliv. Jedním z nejvýznamnějších parametrů je *zakřivení komunikace* (křivolakost). Tento parametr se dle technické normy počítá na základě poloměru zatáček a pro tento parametr se používá termín křivolakost. Vypočítá se dle vzorce [5]:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^j |\gamma_i|}{l}, \quad (1)$$

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

Obecně je křivolakost definována jako průměrná úhlová změna na jednom kilometru trasy. Tato skupina parametrů lze nazvat jako sekundárně implementovatelné, jelikož k úpravě výsledné rychlosti u těchto parametrů je nutné použít další datové vrstvy nebo datové sady, případně provést z nich výpočet pomocí nástrojů v GIS.

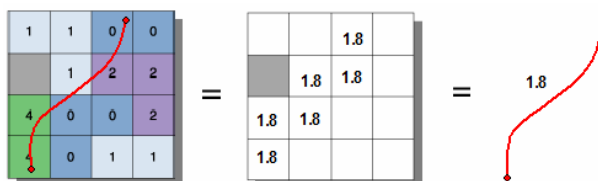
Kromě neměnných výše zmíněných parametrů existují ještě *proměnlivé parametry*. Tato skupina faktorů je pro dopravu důležitá, ovšem nemohou být jednoznačně popsány a předpovíhány. Jsou velmi proměnlivé, nepravidelné a nelze je pro daný úkol do prostředí GIS implementovat.

Jedním ze zásadních proměnlivých faktorů je *počasí*. Při nepříznivých podmínkách s deštěm, mlhou, sněhem či špatnou povětrnostní situací se snižuje rychlost a plynulost 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 nejvyšší, ovšem i v těchto místech se mění s denní dobou [2].

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. Vliv *nerovnosti a aktuálního stavu vozovky* na průměrnou rychlost je také zřejmý, individuální a pravidelně dochází ke zhoršení především po zimních měsících. Na závěr je třeba zmínit faktory nejvíce individuální a proměnlivé, ovšem neméně důležité. Jedná se o *jízdní vlastnosti a technický 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.

3 Nástroj pro ohodnocení komunikací

Z primárně a sekundárně implementovatelných parametrů byly vybrány faktory, které lze v prostředí GIS využít a díky kterým je možné co nejefektivněji vypočítat průměrnou rychlost automobilů na jakémkoli úseku komunikace. Celý proces bylo nutné nejdříve otestovat manuálně a až poté bylo možné vytvořit algoritmus pro automatické ohodnocení komunikací a následně vytvořit toolbox do prostředí ArcGIS.



Obr. 1. Výpočet průměrného sklonu a zakřivení pro jednotlivé úseky silnic

3.1 Manuální výpočet rychlosti v prostředí GIS

Zvolený postup bylo třeba otestovat v prostředí GIS. K testování posloužil software ArcGIS 9.3 Desktop od společnosti ESRI. Vrstevnice pro tvorbu gridu sklonů a vrstva komunikací byly použity 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 osobním automobilem.

Tabulka 1. Hodnoty návrhových rychlostí dle typu komunikace a sklonu [5, 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	80	75	70	60
silnice II. třídy	70	65	60	55
silnice III. třídy (ostatní silnice)	65	60	55	50
úcel. komunikace	40	35	35	30
zpevněná cesta	20	20	20	15
polní a lesní cesta	20	20	20	15
most, přemostění, podjezd, zúžení	60	60	50	40
obec	40	40	30	20
ulice	35	30	30	20
úsek se železničním přejezdem	40	40	30	30

Pro posouzení vlivu podélného sklonu komunikace na průměrnou rychlost bylo třeba každému úseku přiřadit průměrný *sklon*. Vhodnou metodou se stal výpočet s využitím

gridu sklonu. Ten musel být předem vytvořen z vrstvy vrstevnic za pomoci vhodného nástroje. Ze všech pixelů, na kterých leží úsek komunikace, byla vypočtena průměrná hodnota (obr. 1). Pro manuální výpočet postačil nástroj *Zonal statistics as table*, který do externí tabulky pro každý úsek vypočetl průměrný sklon v procentech. Pomocí nástroje *Join* byly tyto hodnoty připojeny k atributové tabulce komunikací.

Poté bylo třeba vyhledat pole se záznamem o *typu komunikace* a vytvořit nové pole pro zápis rychlostí. Dle tabulky 1 byly podle sklonu a typu komunikace přiřazovány jednotlivým segmentům průměrné návrhové rychlosti. Hodnoty z tabulky pocházejí z české technické normy a zpřesněné jsou terénním výzkumem.

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 vypočítán procentuální rozdíl mezi délkou přímky a skutečnou délkou úseku. Návrhová rychlost je upravena na rychlost výslednou podle intervalu zakřivení. Tato hodnota se již blíží nejvíce skutečnosti a podle ní je určován výsledný čas. Na závěr je vytvořeno 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.

3.2 Tvorba nástroje pro automatické ohodnocení komunikací

Manuální ohodnocení hran silniční sítě dle vybraných parametrů sice vykazuje reálné výsledky, ale postup je velice zdoluhavý, náročný a uživatelsky nepraktický. Cílem práce bylo 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 je určen pro software ArcGIS 9.3 Desktop a skript pro nově vytvořený toolbox byl napsán v programovacím jazyce Python (konkrétně ve verzi Python 2.5) v prostředí PythonWin nad platformou Microsoft Windows.

V práci bylo 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“. 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 (uživatel nemusí mít vždy k dispozici vrstevnice pro dané území) a uživatel zde načítá grid sklonů, pokud chce mít komunikace oceněny podle tohoto morfometrického parametru.

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.

Čtvrtým parametrem je seznam datových sad, z nichž si uživatel vybere tu, kterou zpracovává. Na výběr jsou nejpoužívanější datové sady v České republice DMÚ 25, DMÚ 200, ZABAGED a ČR 150. S těmito produkty dokáže algoritmus pracovat na základě znalosti jejich atributů. 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. 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. Nástroj je tedy 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.

Šestáým parametrem je nepovinná vstupní vrstva obcí, která se doporučuje načíst v případě použití jakékoli datové sady, kde není informace o poloze úseku v obci obsažena v atributové tabulce. I když je vrstva nepovinná, pro zpřesnění výsledků se doporučuje ji použít.

V posledním sedmém parametru si uživatel volí, zda chce ohodnotit také placené úseky komunikací (dálnice a rychlostní silnice). Algoritmus rozpozná i ostatní úseky, které nepatří do sítě pozemních komunikací a jsou tak eliminovány ze sít'ových analýz. Může se jednat o železnice, lanové dráhy, klad mapových listů atd.

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 script „cost_roads.py“ a tabulku „tridy.csv“.

4 Aplikace výsledků s využitím sít'ových analýz

Výsledky práce byly po celou dobu testovány na reálných datech z vybraných území v České republice. 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.

Byly zvoleny nejběžnější datové sady v ČR, aby mohl mít toolbox všestranné využití a nebyl limitován pouze jednou datovou sadou. Vzhledem k atributové složce, přesnosti a rozsahu poskytnutých dat byla testována především datová sada DMÚ 25. Interpolační metoda při tvorbě gridu sklonů nehraje v tomto případě velkou roli. To ovšem neplatí o rozlišení pixelu, které je vhodné zvolit odpovídající k rozsahu území. Dle vybraných parametrů bylo třeba zvolit na testování takové komunikace, které ležely na odlišných typech reliéfu, měly různý počet zatáček, různé převýšení a délku. Určení výsledných hodnot rychlostí bylo výrazně ovlivněno terénním výzkumem. 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 zprůměrnovány, 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. Výsledky terénního výzkumu společně s ostatními jsou zobrazeny v tabulce 2. Pro věrohodnost byly výsledky srovnány ještě se starším výzkumem a několika aplikacemi, které jsou k dispozici na webu a pomocí nichž lze obdobně vypočítat časovou dostupnost mezi konkrétními lokalitami. 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. Algoritmus také 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.

Z tabulky 2 je patrné, že výsledky algoritmu 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. 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 jakýmkoli morfometrickými parametry ani zakřivením komunikací, ale hlavním faktorem jsou opět třídy silnic. I když je důležitých faktorů celá řada a každá jízda může být zcela jiná, použití faktorů sklonu a zakřivení se dle výsledků jeví jako velmi vhodné.

Tabulka 2. 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 [terénní výzkum, vlastní algoritmus, webové plánovače tras]

Zdroj	Délka (km)	Průměrná rychlost (km/h)	Čas
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 (algoritmus)	18,68	82,5	13 min 35 s
DMÚ 200 (algoritmus)	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 (algoritmus)	8,16	64,7	7 min 34 s
DMÚ 200 (algoritmus)	8,15	67,4	7 min 15 s
terénní výzkum	8,2	66,6	7 min 23 s

Výsledné ohodnocení komunikací využívají především síťové analýzy. Délka úseků a čas projetí jsou nejčastější parametry, podle kterých se provádějí analýzy nad

vektorovou síť. 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. Síť komunikací byla toolboxem ohodnocena a nad těmito daty byly prováděny základní síťové analýzy na základě různých vstupních parametrů.

První síťovou analýzou bylo *hledání nejkratší (nejrychlejší) cesty* mezi dvěma nejbližšími obcemi v mikroregionu (vzdálenost cca 25 km). Z výsledků nástroje *New Route* ze softwaru ArcGIS bylo 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.

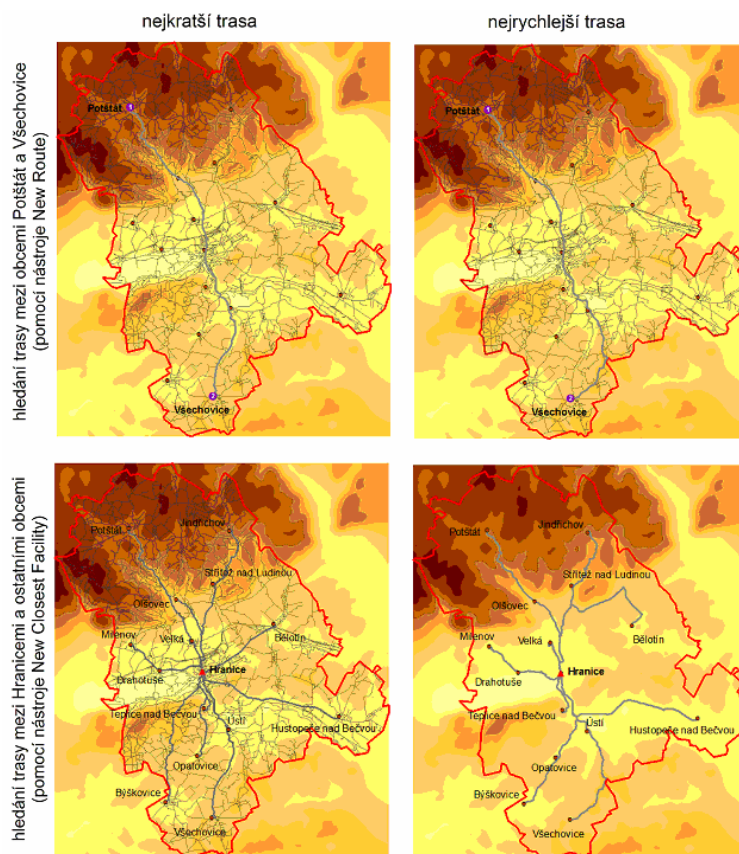
Z tabulky 3 je viditelné, že výsledné časy plánovačů tras dosahují vyšších hodnot než výpočty z ohodnocených komunikací v softwaru ArcGIS. Jelikož výslednou trasu tvoří převážně silnice I. a II. třídy a jediným omezením je проезд přes město Hranice a některé menší obce, tak průměrné rychlosti mezi 45 – 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. A i když vybral algoritmus delší část komunikace, jeví se přesto jako optimálnější, jelikož se nachází na silnicích vyšších tříd, kde je provoz rychlejší.

Tabulka 3. Výsledky hledání trasy Potštát - Všechnovice v softwaru ArcGIS na ohodnocených komunikacích v porovnání s dostupnými plánovači tras na webu

Nástroj		Nejkratší trasa		Nejrychlejší trasa		Čas
		Délka (km)	Čas	Délka (km)	Rychlost (km/h)	
ArcGIS	DMÚ 25	25	31 m 42s	26,18	58,3	26 m 56s
(Network Analyst)	DMÚ200 ČR 150	25,5	23 m 57s	26,84	69,1	23 m 18s
mapy.cz (CZ)		25,3	28 m	25,4	54,4	28 m
amapy.cz (CZ)		26,56	30 m	26,34	54,5	29 m
mapy.idnes.cz (CZ)		25,4	28 m 23s	25,5	55,1	27 m 47s
mapy O ₂ (CZ)		26,1	25 m 17s	26,7	63,8	25 m 5 s
RoutePlanner Škoda(CZ)		-	-	25	45,5	33 m
Google Maps (USA)		-	-	25,3	46	33 m
Map24 Nevteq (USA)		-	-	27,74	50,4	33 m
ViaMichelin (FR)		26	33 m	26	47,3	33 m
ITIMAP (FR)		25,4	30 m	26,2	54,2	29 m
Route Planner TomTom (NED)		-	-	25,7	51,4	30 m

Další testovanou síťovou analýzou bylo *hledání nejbližšího zařízení*. Pro tento úkol bylo vybráno město Hranice, tedy centrum mikroregionu a jako hledaná zařízení sloužila ostatní obce. V praxi by tato analýza byla využita při výzkumu dojížděky do zaměstnání. Díky ohodnocení komunikací síťová analýza najde nejen trasy nejrychlejší, ale automaticky se vyhne takovým úsekům jako lesní a polní cesty, železnice, účelové komunikace apod. Naopak při hledání nejkratších spojení algoritmus zohledňuje pouze délku úseků a trasy prochází i přes výše zmíněné typy komunikací, což nemůže poskytnout věrohodné informace a použitelné výsledky. Poslední síťovou analýzou byla *alokace zdrojů*. Výsledky by mohly být použity při

studiu dojížděky do zaměstnání nebo dětí do škol. Zóny byly nastaveny po 5 minutách dojížděky a z výsledků je zřejmé zkrácení doby cesty v oblastech podél silnic I. třídy, což opět zvýhodňuje použití ohodnocených komunikací.



Obr. 4. Porovnání výsledků síťových analýz v prostředí ArcGIS

5 Závěr

Tato práce se zabývala vlivem morfometrických a ostatních parametrů na časovou dostupnost automobilové dopravy. Studovaná tematika je popsána v celé řadě dostupných zdrojů, ve kterých byl nejdůležitějším faktorem většinou typ komunikací a morfometrické parametry nebyly vůbec zohledněny. Dalším vybraným parametrem, který ve starších studiích nebyl hodnocen, je zakřivení komunikací. Dle české technické normy 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.

Z testování vyplývá, že komunikace ohodnocené dle všech vybraných parametrů přináší 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.

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.

Reference

1. 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 Netherlands, s. 15 -25.
2. HUDEČEK, T. (2008): Model časové dostupnosti individuální automobilovou dopravou. In: *Sborník České geografické společnosti, číslo 113, Praha, 14 s.*
3. 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)*
4. 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)*
5. PROJEKTOVÁNÍ SILNIC A DÁLNIC – ČSN [online]. 2000 [2010-03-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.fce.vutbr.cz/PKO/0M2/CSN736101-000-040.pdf>>
6. VELHARTICKÝ, D. : Analýzy nad vektorovou sítí [online]. 2006 [2010-05-04]. Dostupné z WWW: <http://gis.zcu.cz/studium/apa/referaty/2006/Velharticky_AnalyzyNadVektorovuSiti/>
7. VŠB - KOMUNIKACE A KŘIŽOVATKY [online]. 1997 [2010-05-10]. Dostupné z WWW: <<http://fast10.vsb.cz/mahdalova/mestkom/predna01.pdf>>
8. VÚT - SILNICE A DÁLNICE I. [online]. 2006 [2010-03-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.fce.vutbr.cz/PKO/0M2/PREDN6/rychlost.htm>>