

# VYBRANÉ PARAMETRY OVLIVŇUJÍCÍ RYCHLOST AUTOMOBILOVÉ DOPRAVY V PROSTŘEDÍ GIS

## SELECTED PARAMETERS AFFECTING THE SPEED OF CAR TRAFFIC IN GIS ENVIRONMENT

Michal Louthan<sup>1</sup>, Jana Svobodová<sup>2</sup>, Jan Heisig<sup>3</sup>

*Anotace: Tento článek se zabývá faktory a parametry ovlivňujícími rychlost osobních automobilů na komunikacích. Byly vybrány nejdůležitější parametry, které mohou být vhodně modelovány v prostředí GIS. Praktická část je založena na testování vybraných parametrů ve zvoleném GIS softwaru a vytvoření manuálního postupu pro výpočet průměrné rychlosti a času pro projetí úseků komunikací.*

*Klíčová slova: rychlost, úsek komunikace, parametry, automobilová doprava, GIS*

*Summary: This paper deals with problematic of factors and parameters affecting the speed of cars on the roads. There were chosen the most important parameters, which can be properly modeled in GIS environment. The practical part is based on the testing of the chosen parameters in selected GIS software and creating the manual technique for computing of the average speed and time for drive of road segments.*

*Key words: speed, road segment, parameters, car transportation, GIS*

### 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.

Výsledky jednotlivých analýz dostupnosti jsou důležité především pro složky integrovaného záchranného systému (zdravotní záchranná služba, hasičský záchranný sbor), občany, ale i soukromé subjekty, které jsou závislé na přepravě osob či nákladů.

<sup>1</sup> Mgr. Michal Louthan, Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra geoinformatiky, Třída Svobody 26, 771 46 Olomouc, Tel.: +420 585 634 513, E-mail: [michal.louthan@seznam.cz](mailto:michal.louthan@seznam.cz)

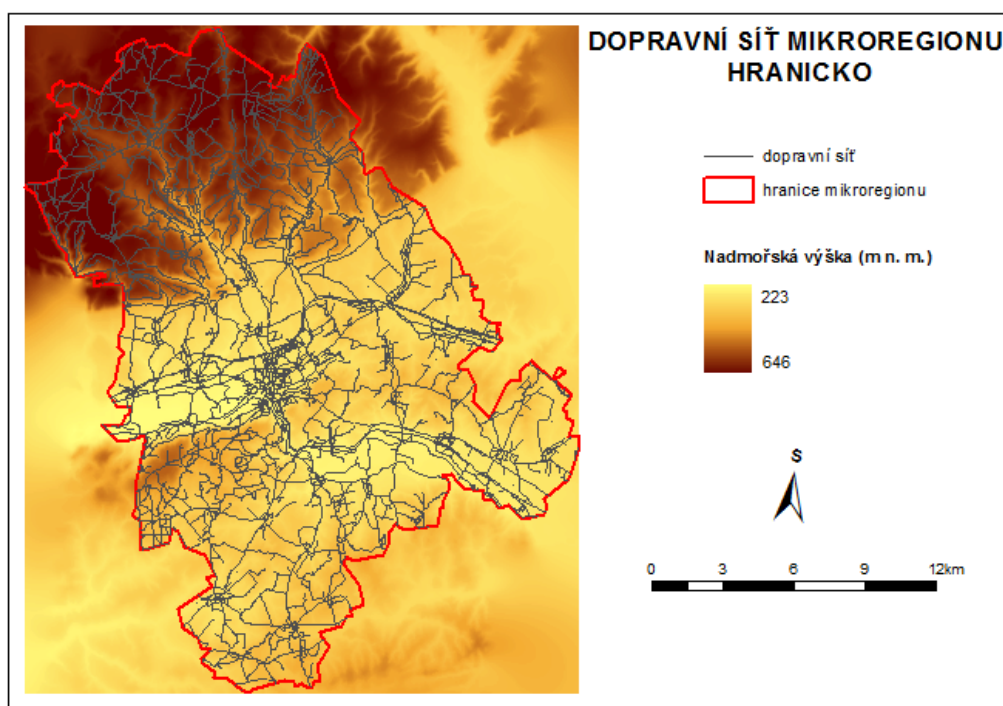
<sup>2</sup> Mgr. Jana Svobodová, Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra geoinformatiky, Třída Svobody 26, 771 46 Olomouc, Tel.: +420 585 634 522, E-mail: [svobodova-j@centrum.cz](mailto:svobodova-j@centrum.cz)

<sup>3</sup> Mgr. Jan Heisig, Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra geoinformatiky, Třída Svobody 26, 771 46 Olomouc, Tel.: +420 585 634 525, E-mail: [jan.heisig@gmail.com](mailto:jan.heisig@gmail.com)

Proto se při analýzách dostupnosti využívá tzv. vážená vzdálenost a nikoli vzdálenost vzdušnou čarou. Při stanovení vážené vzdálenosti nehraje roli jen absolutní vzdálenost mezi objekty v terénu (nebo dokonce na mapě), ale i mnoho jiných faktorů ovlivňujících přepravu z jednoho místa na druhé. Vážená vzdálenost tedy vystihuje skutečnou vzdálenost a vypovídá mnohem více o dostupnosti různých cílů z výchozího místa než prosté odměření na mapě.

K provádění analýz dostupnosti v určité dopravní síti společně či hodnocení jednotlivých faktorů ovlivňujících rychlost na komunikacích se jako vhodný nástroj nabízí geografické informační systémy (dále GIS).

GIS je počítačově založený systém hardwaru, softwaru, metod a dat vyvinutý ke vstupu, správě, analytickému zpracování a prezentaci prostorových dat [5]. V prostředí GIS je možné použít jakoukoli dopravní síť, která je k dispozici ve formě digitálních dat a dále nad ní provádět potřebné analýzy (obr. 1).



Zdroj: [3]

Obr. 1 – Ukázka dopravní sítě zobrazená v prostředí GIS

## 2. PARAMETRY OVLIVŇUJÍCÍ RYCHLOST NA KOMUNIKACÍCH

Rychlost na komunikacích ovlivňuje řada faktorů. Některé jsou neměnné a mohou být tedy použity při výpočtu průměrných rychlostí na jednotlivých komunikacích. Na druhé straně existuje řada proměnlivých faktorů a přestože jsou důležité, nelze je však vhodně modelovat.

Základem jsou samotné komunikace. Již při jejich výstavbě jsou dodržovány standardy, které upravují možnou rychlost dle technických norem. Česká technická norma 73 6101 „Projektování silnic a dálnic“ (dále jen ČSN) v této problematice stanovuje návrhovou a směrodatnou rychlost. Návrhová rychlost je smluvní rychlost, vycházející z empirie i z fyzikálních zákonů, které přísluší přijatelná míra bezpečnosti provozu na pozemních

komunikacích. Má tedy charakter spíše statistický a měla by zaručit, že bezpečnost komunikace bude v přijatelných mezích. Oproti tomu 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 vyšší nebo alespoň rovna návrhové rychlosti a měla by být bližší skutečné rychlosti vozidel. Návrhová rychlost je podle [1] stanovena pro jednotlivé typy komunikací rozdělených do intervalů podle sklonu a směrodatná rychlost ji pouze upravuje podle zakřivení komunikace na rychlost výslednou.

## 2.1 Neměnné parametry

Tato skupina parametrů je pevně stanovena a nemění se na určitém místě v čase. Vzhledem k této skutečnosti lze tyto faktory velmi dobře 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. Kategorizace pozemních komunikací v České republice vychází z legislativního zákona č. 13/1997 Sb. O pozemních komunikacích.

S tím souvisí také **rychlostní limit** na jednotlivých typech komunikací. 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. Tato omezení jsou daná výše uvedeným zákonem a platí pro celé území ČR.

Dle typu komunikace je ovlivněna také její **šířka silnice**, která značně ovlivňuje průměrnou rychlost dopravního proudu. Tento parametr určuje především počet jízdních pruhů. Samotná šířka jednotlivých jízdních pruhů většinou neklesá pod 2,75 m.

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**. Rozeznávají se dva základní typy křivosti, vertikální a horizontální křivost. Vertikální křivost určuje, jak náhle bude docházet ke změně úhlu stoupání či klesání na komunikaci vedoucí po spádnicí. Horizontální křivost pak udává míru změny křivosti osy komunikace v horizontální rovině, avšak jen v případě, kdy komunikace vede po vrstevnici. 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 ČSN počítá na základě poloměru zatáček. Technická norma pro tento parametr používá termín křivolakost. Vypočítá se dle vzorce [4], [6]:

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

kde  $K$  je křivolakost,  $j$  počet částí úseku,  $|\gamma_i|$  součet úhlových změn a  $l$  délka úseku. Obecně je křivolakost definována jako průměrná úhlová změna na jednom kilometru trasy.

## 2.2 Proměnlivé parametry

Tato skupina faktorů je pro dopravu důležitá, ovšem nemohou být jednoznačně popsány a předpovídány. Jsou velmi proměnlivé a nepravidelné.

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. Je také rozdíl porovnávat intenzitu v nočních hodinách a v běžný pracovní den, kdy je silniční a dálniční provoz značně hustý a neumožňuje až na výjimky plynulou jízdu blízkou maximální povolené rychlosti [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. 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.

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. MOŽNOSTI IMPLEMENTACE PARAMETRŮ V PROSTŘEDÍ GIS

Pro jednotlivé úseky komunikací je poměrně nesnadné stanovit průměrnou rychlost, kterou osobní automobil daný úsek projede. Její modelování lze však usnadnit pomocí nástrojů GIS. Pokud uživatel disponuje odpovídajícím softwarem a především vhodnou datovou vrstvou dopravní sítě, může za pomoci vybraných parametrů pro jednotlivé úseky průměrnou rychlost stanovit.

Datová vrstva silniční sítě je sada vektorových linií s topologií doplněná o atributová data uložená v tabulce. Tato data obsahují již vlastní parametry či důležité vstupní informace pro stanovení průměrné rychlosti. Jednotlivé datové sady se vzájemně liší v množství

informací jak z hlediska kvality, tak i kvantity. V tab. 1 jsou uvedeny nejběžnější datové sady používané v GIS v rámci ČR, které obsahují vrstvu silniční sítě.

Tab. 1 – Nejběžněji používané prostorové datové sady s vrstvami komunikací v ČR

Produkt	Poskytovatel	Měřítko
DMÚ 25	VTOPÚ Dobruška	1 : 25 000
DMÚ 200	VTOPÚ Dobruška	1 : 200 000
ZABAGED <sup>®</sup>	Zeměměřičský úřad	1 : 10 000
ČR 150	CEDA	1 : 150 000

Zdroj: [3]

Existují neměnné a proměnlivé faktory ovlivňující rychlost automobilů na silnicích. Tyto faktory lze rozdělit podle možností implementace v prostředí GIS na 3 kategorie (tab. 2). Jednotlivé datové sady jsou uvedeny společně se všemi parametry, které obsahují a jejich možnostmi využití pro stanovení rychlosti v prostředí GIS.

Tab. 2 – Rozdělení parametrů ovlivňujících rychlost na komunikacích

Parametr	Využití v GIS	Informace v atributové tabulce			
		DMÚ 25	DMÚ 200	ZABAGED	ČR150
<b>Primárně implementovatelné</b>					
typ komunikace	•	•	•	•	•
směrové rozdělení	•	•	•	•	•
šířka komunikace	•	•*	•*	-	•
<b>Sekundárně implementovatelné</b>					
sklon	•	•*	•*	-	-
křivost	•	-	-	-	-
omezení rychlosti v obci	•	•	-	-	-
zakřivení komunikace	•	-	-	-	-
železniční přejezd	•	-	-	-	-
<b>Neimplementovatelné</b>					
počasí	-	-	-	-	-
intenzita provozu	-	-	-	-	-
stav vozovky, povrch	-	•*	•*	-	-
denní doba	-	-	-	-	-
stav vozidla	-	-	-	-	-
chování řidiče	-	-	-	-	-
* - informaci obsahují pouze některé záznamy v datové sadě					

Zdroj: [3]

### 3.1 Primárně implementovatelné

Do této skupiny patří parametry, které obsahuje téměř každá uvedená datová sada (tab. 2) a uživatel tak nepotřebuje žádná další podpurná data či informace pro jejich výpočet. Hlavním parametrem je typ komunikace. ČSN definuje pro jednotlivé typy komunikací návrhové rychlosti. Informace o typu silnice obsahuje téměř každá datová sada, ovšem vždy

odlišně dělené a s různými popisy atributů. Některé datové sady obsahují také informace o výskytu úseku v obci, a tak lze výslednou rychlost podle toho upravit. Mezi ostatní technické parametry lze zařadit také šířku komunikace a počet jízdních pruhů, ovšem takto přesné informace nebývají ve většině případů v dostupných datových sadách poskytovány.

### **3.2 Sekundárně implementovatelné**

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.

Typickým parametrem je např. podélný sklon komunikace. V prostředí GIS lze tento parametr vypočítat na základě gridu (rastrové matice) sklonů, kdy je každému úseku přiřazen průměrný sklon. To potvrzuje i technická norma, která dokonce stanovuje návrhové rychlosti pro jednotlivé intervaly podélných sklonů. Příčný sklon je u komunikací minimální a nemá vliv na rychlost.

Dalším parametrem je rychlost v obci. Některé datové sady tuto informaci obsahují přímo v atributové tabulce (tab. 2). Pokud tomu tak není, je nutné tyto úseky identifikovat pomocí vrstvy obcí (intravilánu obcí). Podobně lze identifikovat železniční přejezdy. Při použití vrstvy železnic je možné pomocí prostorového dotazu určit úseky silnic, které se kříží s železničním přejezdem a i zde upravit rychlost.

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 je poměrně složité vypočítat úhlově změny pro každou zatáčku. Tento problém lze zjednodušit výpočtem rozdílu mezi skutečnou délkou úseku a vzdušnou vzdáleností koncových bodů úseku, jejichž délku si lze předem definovat.

### **3.3 Neimplementovatelné**

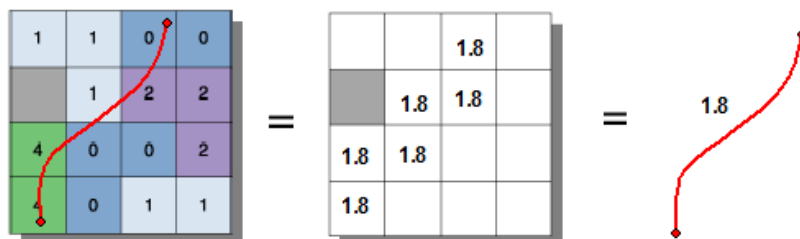
K těmto faktorům patří téměř všechny ze skupiny proměnlivých. Jedná se o vlivy počasí, intenzita dopravy, denní doba (den/noc), stav povrchu vozovky, technické vlastnosti vozidel a v poslední řadě i fyzická a psychická pohoda řidiče.

## **4. VÝPOČET RYCHLOSTI V PROSTŘEDÍ GIS S POUŽITÍM PARAMETRU SKLONU, TYPU A KŘIVOLAKOSTI KOMUNIKACE**

Ukázka výpočtu rychlosti dle sklonu, typu a křivolakosti komunikací pomocí nástrojů GIS je založena na použití vrstvy komunikací a vrstvy vrstevnic pro tvorbu gridu sklonů. Obě vrstvy jsou z datové sady DMÚ 25. Pro parametry byly nejprve dopočítány chybějící hodnoty, ze kterých se poté vypočítaly průměrné rychlosti pro jednotlivé úseky a následně čas potřebný k projetí osobním automobilem. Testování probíhalo v software ArcGIS 9.3 Desktop od společnosti ESRI.

#### 4.1 Výpočet průměrného sklonu komunikace

Pro posouzení vlivu podélného sklonu komunikace na průměrnou rychlost je každému úseku přiřazen průměrný sklon. Výpočet využívá gridu sklonu, který byl odvozen z digitálního modelu reliéfu vytvořeného interpolací z vrstvy vrstevnic. Ze všech pixelů gridu sklonu, přes které probíhá úsek komunikace, je vypočtena průměrná hodnota (obr. 2). Při vlastním výpočtu pomocí zonální statistiky je do externí tabulky pro každý úsek vypočten průměrný sklon (v procentech) a poté je tato hodnota připojena k příslušnému úseku vrstvy komunikací v atributové tabulce.



Zdroj: Upraveno dle [3]

Obr. 2 – Ukázka výpočtu průměrného sklonu pro jednotlivé úseky komunikací

#### 4.2 Výpočet průměrné rychlosti na základě typu komunikace

Průměrná návrhová rychlost je jednotlivým segmentům přiřazována podle sklonu a typu komunikace (tab. 3). Hodnoty v tabulce vychází z ČSN a jsou upraveny dle výsledků terénního výzkumu autorů. V atributové tabulce vrstvy komunikací je vyhledáno pole se záznamem o typu komunikace a do nově vytvořeného pole je zapsána rychlost dle sklonu (tab. 3).

Tab. 3 – Hodnoty návrhových rychlostí dle typu komunikace a sklonu

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
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
obec	hlavní průjezd	40	40	30	20
	ulice	35	30	30	20

Zdroj:[1], upraveno autory

#### 4.3 Úprava rychlosti podle zakřivení komunikace

Výslednou rychlost je nutné ještě upravit o zakřivení jednotlivých úseků. Výpočet je proveden tak, že se u každého úseku vypočte přímá vzdálenost mezi počátečním a koncovým

bodem (tj. délka úsečky) a také skutečná vzdálenost podél linie komunikace. Do nového pole je poté vypočítán procentuální rozdíl mezi délkou úsečky a skutečnou délkou úseku (obr. 3).



Zdroj: [3].

Obr. 3 – Výpočet zakřivení komunikací (žlutá: komunikace, červená: přímá vzdálenost)

Z tab. 4 je návrhová rychlost upravena na rychlost směrodatnou podle intervalu zakřivení. Tato hodnota se již blíží nejvíce skutečnosti a podle ní je určován výsledný čas.

Tab. 4 – Hodnoty směrodatných rychlostí dle zakřivení komunikace

Návrhová rychlost (km/h)	Směrodatná rychlost v km/h při zakřivení		
	2 % a méně	2 – 5 %	5 % a více
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

Zdroj: [1], upraveno autory

#### 4.4 Výpočet času

Na závěr je vytvořeno nové pole pro výsledný čas, který je potřebný k projetí úseku. Výpočet je odvozen ze vzorce výpočtu času z průměrné rychlosti a délky úseku:  $t=s/v*3.6$ , kde  $t$  znamená čas v sekundách,  $v$  je rychlost v km/h a  $s$  délka úseku v metrech.



## 5. ZÁVĚR

Tento článek se zabývá hodnocením parametrů ovlivňujících rychlost osobních automobilů. Vybrané parametry byly nejdříve zhodnoceny z hlediska proměnlivosti a zejména podle míry implementovatelnosti v prostředí GIS.

V praktické části byl nastíněn postup výpočtu průměrné rychlosti a času potřebného k projetí jednotlivých úseků komunikací v prostředí GIS pomocí tří vybraných parametrů (podélný sklon, typ a křivolakost komunikací). Výpočty jsou prováděny „fiktivním automobilem“, u kterého se předpokládá konstantní rychlost po celé délce jednotlivých úseků. Pro názornost ukázky nebyly zohledněny další parametry.

*Tento příspěvek vznikl v rámci projektu PrF\_2010\_14 „Pohyb osob - výzkum pohybu osob na styku urbánního a suburbánního prostoru olomouckého regionu“ podporovaném Vnitřní grantovou agenturou Univerzity Palackého v Olomouci.*

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ČSN 73 6101 - *Projektování silnic a dálnic*. 1 vydání. Praha : Český normalizační institut, 2004. 126 s. ISBN 8590963697093.
- [2] HUDEČEK, T. (2008): Model časové dostupnosti individuální automobilovou dopravou. In: Sborník České geografické společnosti, číslo 113, Praha, 14 s.
- [3] LOUTHAN, M. Vztah digitálního modelu reliéfu a síťových analýzy při řešení dopravních úloh. Olomouc, 2010. 68 s. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci.
- [4] PROJEKTOVÁNÍ SILNIC A DÁLNIC – ČSN [online]. 2000 [2010-03-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.fce.vutbr.cz/PKO/0M2/CSN736101-000-040.pdf>>.
- [5] RAPANT, P. (2002): Úvod do geografických informačních systémů. VŠB – TU, Ostrava.
- [5] VÚT - SILNICE A DÁLNICE I. [online]. 2006 [2010-03-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.fce.vutbr.cz/PKO/0M2/PREDN6/rychlost.htm>>.
- [6] Zákon č. 13/1997 Sb. O pozemních komunikacích, ve znění zákona č. 227/2009 Sb. In *Sbírka zákonů České republiky, částka 3/1997*, s. 47-63.