

TOMÁŠ HUDEČEK

MODEL ČASOVÉ DOSTUPNOSTI INDIVIDUÁLNÍ AUTOMOBILOVOU DOPRAVOU

T. Hudeček: *Model of time accessibility by individual car transportation*. – Geografie–Sborník ČGS, 113, 2, pp. 140–153 (2008). – The article deals with accessibility of individual car transportation. It uses the GIS approach to focus on development of an accessibility model and on three main related issues: digital model of road network, factors influencing average speed and discussion on average speed. Two digital models were done for the territory of Czechia for the years of 1991 and 2001 censi, i.e. before and after the transformation. The aim is to find out what changes occurred during the transformation and to use them in other geographical analyses. Two maps with isochronic surfaces are enclosed to demonstrate the functionality of the models.

KEY WORDS: accessibility – GIS – network analysis – time-space transformation.

Úvod

Akcesibilita, dříve výhradně odvozovaná od konektivity, tedy počtu spojení mezi dopravními uzly (např. Lowe, Moryadas 1975, v české literatuře Mirvald 1998, 2001 či Marada 2003), byla v 60. letech obohacena o míru tzv. impedance (Spence, Linneker 1994, 1996; Dupuy, Stransky 1996). Tento odpor prostředí může být reprezentován nejen vzdáleností, ale také např. cenou či časem. To je v souladu s vývojem společnosti, neboť cesta se dnes stala funkcí času, nikoli vzdálenosti (Tolley, Turton 1995). Výpočetní technika, a tedy relativní snadnost využití metody nejkratší cesty, kterou ještě Hůrský (1978) považoval za výpočtově značně složitou, posunula možnosti využití akcesibility o úroveň výše. Pro model časové dostupnosti tak zůstává hlavním problémem transformace vzdálenosti, a tedy délky, jednotlivých úseků silnic do jejich časové náročnosti (např. Bunge, Tobler (1960, resp. 1961, cit. v Ahmed, Miller 2007 nebo Brimberg, Walker, Love 2007). V případě veřejné dopravy hraje tuto roli jízdní řád, ovšem u individuální automobilové dopravy je nutné přistoupit na kvalifikovaný odhad průměrné rychlosti a vytvořit tak model. Transformaci vzdálenost – čas implicitně využívají tzv. route plannery, programy sloužící k navigaci na cestách, z nichž některé jsou volně přístupné na internetu. Tyto komerční softwary obsahují v jádru digitální model silniční a dálniční sítě, který je však pro jejich tvůrce, firmy, duševním vlastnictvím. Nelze je proto využít a je nutné vytvořit vlastní model.

Článek si klade za cíl vytvořit model dostupnosti nad digitálním modelem silniční sítě Česka, jehož základem je transformace vzdálenost – čas. Tento model bude sloužit pro další sociogeografické analýzy, které však již nejsou součástí článku. Časová rovina je zohledněna vytvořením dvou modelů, odpovídajících okamžikům sčítání v roce 1991 a 2001. Vzhledem k datové podstatě modelu, který proto není možno absolutně vizualizovat, jsou



Obr. 1 – Vybrané faktory ovlivňující průměrnou rychlost na silnicích. Zdroj: šetření autora.

v závěru provedeny dvě (1991 a 2001) analýzy dostupnosti Prahy v rámci celého Česka.

Faktory ovlivňující průměrnou rychlost

Vytvoření přesného digitálního modelu časové dostupnosti naráží na spoustu problémů a multipodmíněností. Před přistoupením k tvorbě modelu tak bylo nutné nejprve provést diskuzi faktorů (obr. 1) ovlivňujících rychlost na silnicích a dálnicích.

Typ silnice, tedy hierarchické členění silniční sítě, je nejpodstatnější částí modelu, neboť přímo směřuje k návaznosti na hierarchii osídlení v Česku. Do jisté míry se však jedná o více zahrnující faktor, kumulující v sobě některé ostatní faktory. V modelech silničních sítí v obou letech jsou uvažovány dálnice, rychlostní komunikace, silnice I. třídy, II. třídy a silnice ostatní. Poslední kategorie ostatních silnic zahrnuje jak obecní komunikace, tak vybrané silnice III. třídy. Tento výběr byl přejat z Atlasu ČSSR 1988 (neboť digitální model silniční sítě pro rok 1991 neexistuje) a z digitálních geodatabází ArcČR, (v. 1.0 a 2.0, ARCDATA Praha, s.r.o.). Podrobnější silniční sítě pro tvorbu modelu nebylo třeba, neboť při výpočtu nejkratší cesty se využívá vždy rychlejšího spojení, tedy komunikace vyšších řádů. Metoda by vykazovala nepřesnost pouze v místech s řídkou hustotou silnic vyšších řádů, což však není případ Česka.

Problém nastal při rozlišování dálnic, rychlostních silnic a silnic pro motorová vozidla. Rychlostní komunikace jsou pro řidiče známy především jako silnice s dopravní značkou „silnice pro motorová vozidla“. Nejedná se však

Tab. 1 – Nejpatrnější rozdíly mezi dálnicemi a silnicemi pro motorová vozidla v Česku

Parametr	Dálnice	Silnice pro motorová vozidla
Výhled a horizont	při max. povolené rychlosti má řidič dostatečný výhled aby včas zastavil	kratší výhled do zatáček a na horizont; nutnost přizpůsobení rychlosti pro včasné zastavení
Křižovatky	mimourovňové	je možný teoretický výskyt klasické úrovňové křižovatky (v Česku není)
Nájezdy a výjezdy	povinný	nepovinný, výjezd i do zatáčky
Zatáčky, stoupání a klesání	vždy musí být dodrženy rychlostní parametry pro daný typ terénu	existence i prudších zatáček, kde není možné bezpečné projetí max. povolenou rychlostí, větší stoupání i klesání
Přídavný pruh pro pomalá vozidla	povinný při větším stoupání	Nepovinný
Odstavný pruh	povinný, (mimo místa, kde je přídavný pruh pro pomalá vozidla, mosty a tunely), široký pro celé vozidlo	nepovinný či užší než jedno vozidlo
Další parametry	jízdní pruhy, střední dělicí pás i levá krajnice dle mezinárodních parametrů, v každém směru svodidla	střední dělicí pás možný (dříve) bez svodidel i trávníku, nepovinnost levé krajnice

Zdroj: Dálnice 2002–2006

o ekvivalentní označení. Rychlostní silnice je technický pojem a značí mj. návrhové parametry. Silnice pro motorová vozidla je v důsledku pouze dopravní značka, kterou se stanovuje maximální povolená rychlost. Dálnice je, oproti ostatním dvěma typům, vyššího řádu a je stavěna podle přísnějších parametrů. Ačkoliv v Česku sílí názory na převedení části sítě rychlostních silnic do kategorie dálnic (České dálnice 2002–2007), pro model časové dostupnosti je současné členění výhodné, neboť tak umožňuje vznik více kategorií a tedy spíše přispívá k přesnosti modelu (tab. 1).

Šířka silnice a poloměry zatáček velmi úzce souvisí s typem komunikace, popisuje je norma ČSN. Šířka komunikace se v odborné literatuře uvádí ihned za typem silnice. 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. Vzhledem k měřítkové úrovni však není třeba se zabývat šířkou jednotlivých silničních pruhů, neboť pod obvyklých 2,75 m (norma uvádí i několik dalších) lze nalézt většinou pouze silnice nízkého řádu, které pro dostupnost při využití metody nejkratší cesty nehrají roli. Faktor šířky komunikací byl tedy zesřícen na počet jízdních pruhů v rozmezí jeden až tři.

Oproti příčnému sklonu komunikace, který hraje roli zejména v odtokových poměrech, ovlivňuje podélný sklon komunikace maximální bezpečnou a tedy průměrnou rychlost na silnici. Norma ČSN 736101 stanovuje nejvyšší povolené sklonové poměry pro různé typy silnic (tab. 2), což má vliv mj. na návrhovou rychlost. Tato rychlost nepoukazuje na nemožnost projetí zatáčky rychle-

Tab. 2 – Návrhové rychlosti dané normou ČSN 736101

Kategorie silnice	Návrhová rychlost při nejvyšším povoleném sklonu v oblasti		
	Rovinaté nebo mírně zvlněné	Pahorkovité	Horské
D26,5; D27,5	120 (3)	120 (3)	100 (4,5), 80 (4,5)
R26,5, R24,5; R22,5	120 (3,5)	100 (4,5)	80 (4,5)
R11,5	100 (3,5)	80 (4,5)	70 (4,5)
S24,5	100 (3,5)	80 (4,5-6)	80 (6)
S22,5	100 (4)	80 (4,5)	70 (6)
S11,5; S10,5; S9,5	80 (4,5)	70 (6)	60 (7,5)
S7,5	70 (4,5)	60 (7)	50 (9)
Vyšších hodnot lze použít v případě extrémně neekonomického objemu zemních prací nebo z důvodu nadměrného zásahu do chráněného území nebo zemědělské půdy			

Zdroj: Mahdalová 2006

Tab. 3 – Zvolené předělové hodnoty sklonů

Typ silnice	Odpovídající typ	Předělový sklon v %
Dálnice	D 26,5 a více	–
Rychlostní silnice	R 22,5; 24,5; 26,5	5
Silnice I. třídy	S 11,5	6,5
Silnice II. třídy	S 9,5	7,5
Silnice III. třídy	S 7,5	do 8
Silnice - vícepruhové	S 22,5; 24,5	do 5

Zdroj: šetření autora

ji, to závisí na mnoha dalších faktorech, mj. např. na typu a stavu dopravního prostředku.

Vytvoření digitálního modelu silniční sítě, který by zahrnoval sklonitost reliéfu, bylo výsledkem analýzy GIS, která je stručně popsána v následující kapitole. Úseky silnic různého typu (D, R, I. třída, II. třída, ostatní) byly v modelu podle sklonů rozděleny na dva druhy (tab. 3).

Porovnání tabulek 2 a 3 poukazuje na nesoulad mezi zvolenými hodnotami a návrhovými parametry. Zde je třeba udělat metodickou vsuvku. Sklonové parametry v digitálním modelu byly zjišťovány na základě modelu reliéfu. Tento model vzhledem ke své měřítkové úrovni neobsahuje potřebné údaje za jednotlivé silnice – náspy, zářezy, mosty či tunely. Tímto došlo k určitému zneprůhlednění, a v důsledku k odhadům stavu. Nastavení mírnějšího kritéria mělo za cíl tuto skutečnost co nejvíce eliminovat.

Umístění silnice vzhledem k systému osídlení je v prováděcích předpisech reprezentováno maximální povolenou rychlostí (v obci a mimo obec). Do modelu nebyly zahrnuty velmi malé obce, které nejsou obsaženy v podkladové digitální geodatabázi ArcČR 500. Jedná se však o značně malá území, minimálně ovlivňující nepřesnost modelu. Prostorové rozložení zastavěného území se ve sledovaných obdobích 1991 a 2001 příliš nezměnilo a data tak byla přejata z geodatabáze aktualizované k roku 2001. Silnice byly vícepruhové GIS analýzou rozděleny na úseky, kterým byl následně přiřazen atribut charakterizující jejich vedení v obci či mimo obec.

Intenzita provozu je v Česku evidována každých pět let. Ačkoliv hustota provozu má nepochybně na průměrnou rychlost na silnicích vliv, data nebyla k tvorbě modelu použita z několika důvodů. Jedním z nich je nesoulad v ča-

sovém období pro sčítání dopravy a pro tvorbu modelu. Také rozdělení silniční sítě ve zdrojových grafických datech na jednotlivé úseky nesouhlasí s rozdělením úseků v databázi sčítání dopravy. Pro první sledované období navíc existují výsledky sčítání dopravy pouze v analogové formě. Otázkou by také bylo, jaké váhy stanovit pro míru provozu. Vhodnější by již byl spíše terénní průzkum a přímá měření rychlostí na komunikacích. Nicméně je zřejmé, že zpřesnění modelu by se dále mohlo tímto směrem ubírat.

Faktor nehodovosti nebyl i přes existenci dat do modelu zahrnut, neboť model by měl ukazovat průměrnou akcesibilitu střediska a nepravidelně rozložené jevy – nehody – by vedly k nesprávnému ovlivnění výsledných hodnot dostupnosti.

Vliv stavu komunikace na průměrnou rychlost je zřejmý. Předpoklad navzájem odpovídajícího stavu u jednotlivých typů silnic (dálnice, I. třída, atd.) však umožňuje tento faktor zahrnout při shrnujících odhadech pro jednotlivé typy.

Denní a roční období nebylo při tvorbě modelu zohledněno. Hodnoty průměrných rychlostí odrážejí situaci ve všední den s běžným, dopravu málo omezujícím počasím.

Data pro uzavírky a dopravní omezení nebylo možno zpětně dohledat. Stav vozového parku byl uvažován pouze při stanovování průměrné rychlosti pro celý model.

Výše popsané faktory jistě nejsou všechny, bylo by namátkou možné ještě jmenovat např. podíl nákladní dopravy či povětrnostní situaci atd. Pro přesnost modelu však tyto další faktory již hrají marginální roli a jejich zahrnutí se jeví jako přebytná.

Analýza sklonitosti silniční sítě

Praktická aplikace sklonitosti reliéfu na silniční síť a následná kategorizace jednotlivých úseků silnic podle jejich podélného sklonu je z teoretického hlediska při využití programů GIS možná, avšak z praktického hlediska naráží na spoustu problémů. Model silniční sítě Česka se sklony silnic je zmíněn např. v práci Maier, Mulíček, Sýkora, Drda (2007). Zde byla pro výpočet sklonitosti mj. vypracována ArcGIS extenze, která je dostupná na internetu, avšak která se při použití jevila jako neposkytující zcela odpovídající výsledek. Ředitelstvím silnic a dálnic ČR naměřené sklony z let 1996–2001 na 18 tis. km silnic I. a II. tříd jsou k nahlédnutí na Portálu veřejné správy Cenia (Portál veřejné správy ČR 2005–2007). Ve vytvářeném modelu jsou však i úseky silnic nižších řádů a celková délka použité silniční sítě je přes 38 tis. km v každém ze sledovaných období. Generalizací silniční sítě pouze na silnice II. a vyšší třídy by mohl následně vyvstat problém s dostupností některých oblastí.

Pro veškeré analýzy byl použit program ArcGIS, v. 9.2 od americké firmy ESRI, včetně jeho extenzí. Obecný postup celé analýzy je možné rozdělit do čtyř kroků. Prvním z nich je vytvoření úseků silnic. Program ArcGIS umožňuje pomocí funkce „Intersect“ (Analysis Tools / Overlay) rozdělit liniové vrstvy, avšak pouze podle plošných vrstev (polygonů). Řešením se jevílo vytvořit polygony, které by kopírovaly silniční síť a přitom byly rozdělené podle vrsťevnic. Toto umožňuje funkce „Buffer“, která byla použita na sloučenou silniční síť jediného úseku (funkce „Merge“ – v editačním módu). Výsledný polygon o zvolené šířce 50 m, který se již mohl stát podkladem pro použití funkce

Intersect. Takto byla silniční síť Česka v obou sledovaných obdobích zvlášť dekomponována z původního počtu zhruba 12 000 úseků na hodnoty okolo 36 000 úseků pro roky 1991 a 2001.

Následovalo vytvoření Digitálního modelu reliéfu (DMR), pro nějž byla data převzata z geodatabáze ArcČR v. 2.0, která obsahuje výškové body a vrstevnice pro Česko v základním intervalu 50 m. Pomocí programu 3D Analyst byl z vrstevnic a z výškových bodů vytvořen trojrozměrný model TIN, který byl následně převeden na rastr s velikostí buněk 50 x 50 m. Pro Z-value v DMR byla zvolena z modelu TIN nadmořská výška. Tento 200 MB soubor byl vytvořen pouze jeden pro obě období vzhledem k relativní neměnnosti zemského povrchu.

Třetím krokem je přiřazení nadmořské výšky úsekům silnic. Software ArcGIS neumožňuje přiřadit nadmořskou výšku liniovým prvkům. Je nutné nejprve vytvořit reprezentanty všech silničních úseků v podobě jejich koncových bodů pomocí funkce „Feature Vertices to Points“ (Data Management Tools / Features). Protože takto vznikne celá nová vrstva, bylo třeba označit úseky silnic pořadovým číslem, které se přeneslo do nově vzniklých vrstev startovních a koncových bodů. Na tyto bodové vrstvy byl pomocí operace „Extract Values to Points“ (Spatial Analyst Tools / Extraction) přenesen obsah „Z-value“ atributu z DMR, čímž byla bodům přiřazena odpovídající nadmořská výška. Přes pořadová čísla bylo umožněno body propojit se svými úseky silnic. Operace byla provedena zvlášť dvakrát pro silniční síť pro roky 1991 a 2001.

Následně je již možné vypočítat sklon silničních úseků. Pro výpočet sklonu každého úseku silniční sítě pro oba dva modely ve sledovaných obdobích byl použit vzorec:

$$S = \text{abs}(h_s - h_e)/l,$$

kde jednotlivé prvky značí:

- S sklon,
- h_s nadmořská výška startovního bodu úseku,
- h_e nadmořská výška koncového bodu úseku,
- l délka silničního úseku.

Jedná se logicky o značně zjednodušenou sklonovou charakteristiku, neboť model počítá s lineárním stoupáním či klesáním silnice. Výsledné sklony poměrně dobře odpovídají výškovým poměrům v Česku a jsou řádově v relaci s návrhovými hodnotami uváděnými normou ČSN.

Průměrná rychlost na silnicích

Stanovení průměrných rychlostí na jednotlivých typech komunikací musí předcházet diskuze, zaměřená také na odbornou literaturu využívající obdobné modely dostupnosti. Jednou z prací, která využívá modelu dostupnosti nad silniční a dálniční sítí pro další analýzy, je mezinárodní studie dopadů budoucí transevropské silniční sítě na akcesibilitu v tehdejší evropské „patnáctce“ (Gutiérrez, Urbano 1996). V práci použité průměrné rychlosti dle kategorie silnic zobrazuje tabulka 4.

Dodané hodnoty poukazují na velmi hrubé odhady autorů, neboť průměrná rychlost 80 km/h, resp. 120 km/h je v řadě evropských států zároveň rychlostí maximální povolenou, ačkoliv autoři nazývají zvolené rychlosti průměrnými. Naprosto jiné hodnoty průměrných rychlostí na silnicích, rozdělených

Tab. 4 – Předpokládané průměrné rychlosti na transevropské silniční síti

Typ silnice	Průměrná rychlost
Dálnice	120 km/h
Rychlostní komunikace (mezoregionální silnice)	110 km/h
Silnice I. třídy	90 km/h
Ostatní komunikace	40 km/h

Zdroj: Gutiérrez, Urbano 1996

Tab. 5 – Průměrné rychlosti ve východní Anglii

Typ silnice	Venkov (km/h)	Město (km/h)	Odpovídající silnice v Česku
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 silnice	51	29	II. třída– 1 pruh, hlavní
A-road single carriageway trunk road	72	40	I. třída, 1 pruh
A-road dual carriageway č. 47	80	40	I. třída, 2 pruhy, např. silnice
A-road dual carriageway trunk road	87	45	I. třída, 2 pruhy, např. R4
Motorway	101	56	dálnice

Zdroj: Brainard, Lovett, Bateman (1997), šetření autora

mnohem podrobněji na více kategorií, uvádí studie Brainard, Lovett, Bateman (1997), zabývající se mj. dopravní situací ve východní Anglii. Hodnoty rychlostí jsou zčásti empiricky zjištěné, zčásti podle úsudku autorů. Přehledně je ukazuje tabulka 5. Proti předchozí studii se jedná o značně odlišné a možno říct i přesnější hodnoty, nicméně je třeba brát v úvahu měřítkovou rozdílnost obou prací či větší intenzitu provozu v Anglii.

Kategorie silnic je možné s určitými výhradami vztáhnout k silnicím v Česku tak, jak je uvádí poslední sloupec tabulky. Příčinu nízkých hodnot průměrných rychlostí v městské oblasti je třeba hledat zejména v intenzitě anglického provozu.

Transformace vzdálenost – čas je možné také dohledat v projektu RePUS (Maier a kol. 2007), kde jsou do velké míry přebrány návrhové rychlosti dané normou ČSN 736101.

V práci autorů Li, Shum (2001), zabývající se dopady vládního programu rozvoje dálnic na akcesibilitu v Číně, jsou průměrné rychlosti stanoveny na základě kvalifikovaného odhadu, zahrnujícího také intenzitu provozu a stavební parametry komunikace.

Z uvedených studií plyne, že stanovení průměrných rychlostí, které slouží k vytvoření modelu časové dostupnosti, je otázka velmi subjektivní a liší se autor od autora. Rozdíl jsou dány do značné míry specifičností zkoumaného území, převažující důležitostí některého z činitelů, ale také typem výzkumu. Jiné výsledky bude podávat terénní průzkum, jiné výsledky odhad dřívějšího či budoucího stavu.

Obecné předpoklady transformace vzdálenost – čas

Základním předpokladem pro vytvoření modelu je dodržování maximální povolené rychlosti. I přes časté překračování povolených rychlostí na silnicích v Česku (Rezáč 2006) není možné do modelu tento faktor zahrnout. Stejně tak jej neuvažují ani moderní navigační přístroje.

Druhým podstatným předpokladem je neexistence nutných zastávek pro natankování pohonných hmot či pouze jako času pro odpočinek. Model vznikl za účelem dalších analýz zejména v měřítkové úrovni mezoregionu, tedy vzdáleností, kde by tyto zastávky ještě neměly být příliš relevantní.

Třetím předpokladem je stanovení dostupnosti v běžný pracovní den, kdy je silniční i dálniční provoz dostatečně hustý a neumožňuje až na výjimky plynulou jízdu blízkou maximální povolené rychlosti. Je zřejmé, že model pro noční hodiny by se z hlediska stanovených hodnot mohl lišit.

Posledním předpokladem je presumce drobného omylu při stanovování průměrných rychlostí. 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. U nižších rychlostí by nepřesnosti mohly být i větší, avšak metoda časově nejvýhodnější cesty je značně selektivní, většina trasy probíhá po silnici vyššího řádu.

Dodatečný výzkum

Pro kontrolu hodnot či rozhodnutí sporných případů byl v letech 2006–2007 prováděn terénní průzkum automobilem značky Peugeot Partner. Svými parametry výrazněji nepřekračuje průměr vozového parku v roce 2001. Terénní průzkum byl v naprosté většině prováděn při osazení vozidla pouze řidičem, hodnoty průměrných rychlostí byly měřeny ve všední dny v běžných pracovních hodinách. Touto metodou bylo v případech sporných případů několikrát rozhodnuto o stanovení průměrných rychlostí.

Důležitou součástí diskuze průměrných rychlostí byly také existující aplikace využívající transformaci vzdálenost – čas, a to „route plannery“:

- program Route 66, v. 4.0.0., nizozemské firmy ROUTE 66 Geographic Information System B.V.
- webová aplikace „Route planner“ na webových stránkách Škody Auto, a.s.
- webová aplikace firmy Tramin na jejich webových stránkách.

Tyto tři aplikace byly podrobeny sérii dotazů s cílem zjistit dodané hodnoty průměrných rychlostí pro jednotlivé typy komunikací. Některé hodnoty zcela neodpovídají reálnému stavu (tab. 6), nicméně velká část výsledných hodnot si byla u všech třech dotazovaných programů podobná, a tedy použitelná.

Tab. 6 – Hodnoty průměrných rychlostí v použitých „Route plannerech“

Typ silnice	A (km/h)	B (km/h)	C (km/h)
Dálnice	102	80	102
Rychlostní komunikace	68 (R7), 63 (R35)	80	90 (R35), 100 (R10)
Silnice I. třídy	70	60	73-78
Silnice II. třídy	x	x	51-56

Zdroj: šetření autora; A – program Route 66, v. 4.0.0., nizozemské firmy ROUTE 66 Geographic Information System B.V.; B – webová aplikace „Route planner“ na webových stránkách Škody Auto, a.s.; C – webová aplikace firmy Tramin na jejich webových stránkách.

Průměrná rychlost dle jednotlivých typů komunikací v roce 2001

Veškeré dálnice byly a jsou v Česku stavěny s návrhovou rychlostí 120 km/h (Zpravodajský server hospodářských novin idnes.cz). Počet pruhů u dálnic je vždy 2 s jedinou výjimkou – úsek Praha–Mirošovice ve sledovaném období 2001 (kategorie D 34 a D 32). Sklonitost u dálnic nebyla brána v úvahu. Maximální povolená rychlost je 130 km/h, vozový park neměl v roce 2001 s touto hodnotou větší problémy. Průměrná rychlost na dálnicích v Anglii byla změřena na 101 km/h, což je třeba připočítat tamější intenzitě provozu. U dálnic je třeba počítat s jistou časovou prodlevou při najíždění a sjíždění na dálničních „exitech“. Provoz také brzdí auta starší výroby a kamiony. Dotazy v „route plannerech“ po přepočtu udávaly hodnoty mírně přes 100 km/h, což se jeví jako příliš nízká hodnota. Byl proto proveden terénní průzkum na dálnicích D1, D2, D8 a D11. Výsledné hodnoty při snaze o dodržování rychlostních limitů odpovídaly hodnotám v intervalu 110–120 km/h. Zejména v důsledku terénního průzkumu tak byla pro dvoupruhovou dálnici v období 2001, po zvážení všech pro a proti, stanovena hodnota 115 km/h. Pro třípruhový dálniční úsek u Prahy pak 120 km/h.

Pro rychlostní silnice byl již uvažován podélný sklon komunikace. Zatímco pro dálnice víceméně neexistuje snížení návrhové rychlosti z důvodu sklonových parametrů, u rychlostních komunikací udává norma ČSN již i v pahorkovitém území podélný sklon 4,5 % a snížení návrhové rychlosti ze 120 na 100 km/h. Rychlostní komunikace provozované v roce 2001 byly navíc ještě stavěny v kategorii R 22,5 (zatímco v současné době minimálně 25,5 m). Počet pruhů je na všech úsecích v Česku vždy dva.

Pro úseky, které spadají do kategorie méně sklonité, byla po úvaze přidělena hodnota 110 km/h. Terénním průzkumem byl zjištěn poměrně velký rozdíl mezi více sklonitou kategorií (např. R10 vs. R35 u Liberce), a proto bylo stanoveno snížení průměrné rychlosti u více sklonitých úseků o 10 %.

Ve sledovaném období 2001 byla již v provozu Jižní spojka, typ silnice z kategorie tzv. dálnice ve městě. Terénním průzkumem jí byla přiřazena hodnota 75 km/h.

Silnice I. třídy jsou v pořadí třetí nejvýznamnější dopravní cesty v silniční síti Česka. Z důvodu spíše sporadické sítě dálnic a rychlostních silnic (v r. 2001) se jedná o významné dopravní tahy v rámci republiky a pro model dostupnosti jsou jedny z nejdůležitějších. Byly proto maximálně členěny s ohledem na faktory ovlivňující průměrnou rychlost. Základem členění je u této kategorie vyjmutí úseků, neprocházejících zastavěným územím.

Pro stanovení průměrné rychlosti bylo třeba zohlednit výzkumy anglické studie, založené na terénním průzkumu, která uvádí hodnotu pro jednopruhové silnice I. třídy okolo 70 km/h. Návrhová rychlost neskloněné silnice v kategorii S 11,5 je 80 km/h a maximální povolená je na našich silnicích 90 km/h. „Route plannery“ uvádí hodnoty od 60 km/h po 78 km/h. Značný rozptyl hodnot vedl ke snaze získat další zdroje. Terénním průzkumem v úseku Mladá Boleslav – Hradec Králové byla dosažena při snaze o přirozenou jízdu hodnota okolo 70 km/h, která tedy byla s ohledem na ostatní typy a kategorie komunikací zvolena jako průměrná. Od této hodnoty se následně odvíjí většina dalších.

Silnice I. třídy, postavené v kategorii S 22,5 či S 24,5 je možné v Česku nalézt na mnoha místech. Často se jedná o jakési „skorodálnice“, namátkou např. silnice č. 47 z Lipníku nad Bečvou do Hranic na Moravě. Maximální povolená rychlost je zde ovšem 90 km/h, pruhy jsou častokrát velmi úzké, což jíz-

Tab. 7 – Stanovené průměrné rychlosti pro model dostupnosti

Typ silnice	Obec vs. mimo obec	Počet jízdních pruhů	Sklonitost v %	Průměrná rychlost v roce 2001 (km/h)	Průměrná rychlost v roce 1991 (km/h)
Dálnice	MO	3	-	120	-
Dálnice	MO	2	-	115	100
Rychlostní sil.	MO	2	do 5	110	95
Rychlostní sil.	MO	2	nad 5	100	90
Rychlostní sil.	O	2	do 5	75	-
Silnice I. třídy	MO	1	do 6,5	70	70
Silnice I. třídy	MO	1	nad 6,5	63	63
Silnice II. třídy	MO	1	do 7,5	50	50
Silnice II. třídy	MO	1	nad 7,5	45	45
Silnice III. třídy	MO	1	do 8	33	33
Silnice III. třídy	MO	1	nad 8	30	30
Silnice I. třídy	O	1	-	30	35
Silnice II. třídy	O	1	-	20	25
Silnice III. třídy	O	1	-	20	25
Silnice I. třídy	MO	2	do 5	80	80
Silnice I. třídy	MO	2	nad 5	72	72
Silnice II. třídy	MO	2	do 5	67	67
Silnice II. třídy	MO	2	nad 5	60	60
Silnice III. třídy	MO	2	do 5	70	70
Silnice I. třídy	O	2	-	40	45
Silnice II. třídy	O	2	-	30	35
Silnice III. třídy	O	2	-	30	35

Zdroj: šetření autora

du značně ztěžuje (Prokeš 2001). Pro model byla použita hodnota 80 km/h, kterou mj. uvádí také anglická studie.

Silnice II. třídy jsou v modelu opět děleny dle okolní zástavby a počtu dopravních pruhů. Nejprve tedy silnice jednopruhé. Tyto silnice již ve všech parametrech neodpovídají dříve diskutovaným komunikacím, odhad obecné doby jejich průjezdu je obtížný, avšak je nutné poznamenat, že pro síťovou analýzu na národní či regionální (pražský region) úrovni nehrají z důvodu relativně pravidelné sítě silnic I. třídy tak významnou roli jako předchozí kategorie. Silnice II. třídy již prochází veškerými obcemi na trase. Anglická studie na těchto silnicích uvádí průměrnou rychlost okolo 40 km/h. „Route planners“ poukazují na hodnotu 50 km/h, která byla také převzata.

Vícepruhové silnice II. třídy se vyskytují pouze v zázemí velkých měst, hrají roli extravilánových obchvatů a jejich průměrná rychlost by tedy měla být znatelně vyšší – přiřazeno 67 km/h.

Ostatní silnice mimo zastavěnou zónu v roce 2001, tedy vybrané silnice III. třídy, mají pro model dostupnosti již jen doplňující význam. Silnice třetí třídy jsou vybudovány nejvíce v kategorii S 7,5, která vykazuje značnou deviatilitu a sklonitost, a jejich návrhová rychlost bývá většinou kolem 60 km/h. Tyto silnice nemají žádnou obec, která leží na jejich trase a kde dochází častokrát ještě k dalšímu zpomalení provozu. Anglická studie jim přiřazuje hodnoty velmi nízké, okolo 20 km/h. Pro model dostupnosti bylo nakonec rozhodnuto o přiřazení průměrné rychlosti 33 km/h.

Průměrnou rychlost na silnicích v intravilánu v roce 2001 je velmi obtížné zpětně odhadnout. Bylo proto třeba přijmout některá logická pravidla a teprve na jejich základě stanovit příslušné hodnoty. Jistým vodítkem byla výše již

několikrát zmíněná studie Brainard, Lovett, Bateman (1997). Předně byl z odhadů vyloučen faktor sklonitosti, neboť v zastavěném území je komunikace často vedena více s ohledem na zástavbu, a v důsledku je již tedy jedno, zda vede v členitějším terénu či nikoli. Sloučeny byly také silnice II. a III. třídy, neboť nebyl shledán důvod pro jejich další rozlišování. Ponecháno však bylo členění na jednoproudové a víceproudové, které jsou chápány jako důležitější průtahy ve městech. I na těchto hlavních městských tepnách je však bezpočet (světelných) křižovatek, autobusových zastávek, přechodů pro chodce a spousta dalších retardérů provozu. Zvolené hodnoty ukazuje tabulka 7.

Model pro rok 1991 se mírně odlišuje, vzhledem ke změně dopravních předpisů v roce 1997. Hodnoty průměrných rychlostí, které tvoří podstatu modelu dostupnosti pro rok 1991, nebylo možné jednoduše ověřit, pouze logicky odvodit. Dopravní předpisy v roce 1991 umožňovaly na dálnicích a silnicích pro motorová vozidla maximální rychlost 110 km/h, mimo obec 90 km/h a ve městě 60 km/h.

Pro stanovení průměrné rychlosti na dálnicích bylo třeba zvážit také stav tehdejšího vozového parku. V roce 1990 byla ukončena výroba automobilů typu Škoda 105/120 a v roce 1987 naopak zahájena výroba škody Favorit/Forman 136 LS. Vozový park tak docela odpovídal tehdejší maximální rychlosti na dálnicích. Na druhé straně byla ovšem nižší automobilizace obyvatelstva a plynulejší provoz. Kvalita hierarchicky nejvyšších komunikací nevykazovala výrazně velké nedostatky vůči stavu v roce 2001. Vzhledem k prvnímu předpokladu o maximální povolené rychlosti byla tedy stanovena průměrná rychlost na dálnicích v roce 1991 na 100 km/h, bez členění dle sklonitosti. Sníženy byly také hodnoty pro rychlostní komunikace na 95 km/h. Ostatní hodnoty pro silnice mimo obec zůstaly beze změny vůči modelu pro rok 2001.

Na komunikacích v intravilánu byla v roce 1991 omezená rychlost vyšší, celková automobilizace nižší a tedy průjezdnost snadnější. Všechny obecní komunikace v modelu byly proto v roce 1991 ohodnoceny o 5 km/h vyšší hodnotou než v modelu pro rok 2001.

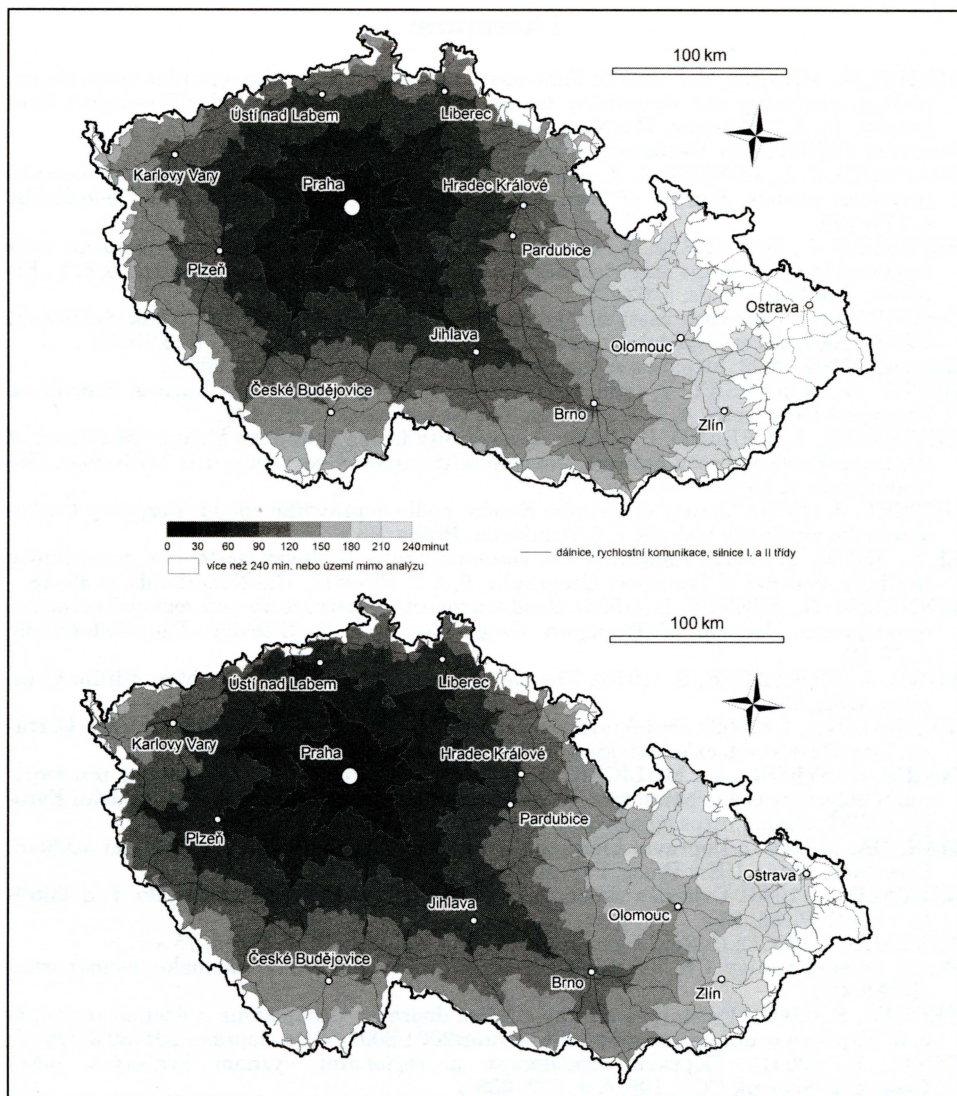
Výsledky, diskuze a závěr

Na základě typologie silnic byly přiřazeny odpovídající hodnoty průměrných rychlostí a vypočítána časová náročnost jednotlivých úseků. Model dostupnosti je však databázový soubor a teprve po provedení některé z analýz GIS je možné hodnotit jeho přesnost a výsledky. Jednoduchou a přehlednou metodou jsou zóny dostupnosti. Izochrony hlavního města Prahy byly vytvořeny v intervalech 30 minut pomocí funkce „New Service Area“ (Network Analyst). Centrum Prahy bylo v souladu s prací Rölce (2004) vymezeno jako kruh o poloměru 5 km.

Z obrázku 2 je zřejmé zkrácení doby cesty ve směrech zprovozněných dálničních úseků na Plzeň, Ústí nad Labem, ale také na Olomouc (dostavěné spojení D1 a R46 u Vyškova).

Situace v roce 2001 však také zahrnuje i změněné dopravní předpisy, které více upřednostňují dálnice. Ve druhém sledovaném období se tak více vytváří „hvězdovitý“ tvar izochron a analýza ukazuje na celkové zmenšení Česka mezi roky 1991 a 2001, ve směru Praha – Ostrava o celou půlhodinu.

Je otázkou, zda tuto změnu dopravních předpisů lze považovat za nutnou součást modelu či naopak za nepřesnost. Dalším problémem analýzy jsou také periferní oblasti, kde software neumožňuje bez návazné silniční sítě okolních států dopočítat hodnoty až ke státním hranicím Česka.



Obr. 2 – Izochrony časové dostupnosti Prahy v roce 1991 (nahore) a 2001 (dole). Bíle – více než 240 minut nebo mimo analýzu. Čarou – dálnice, rychlostní komunikace, silnice I. a II. třídy.

Tvorba přesnějšího modelu dostupnosti individuální dopravy je i přes dnešní výpočetní techniku stále na lidské úvaze založeným procesem. Výsledné mapy akcesibility v sobě ukrývají řadu dilemat a diskusních témat. Nejvíce diskutabilní je pak přesnost celého modelu, kterou je možné zkontrolovat jedině terénním průzkumem. V článku popsaná tvorba dvou modelů pro období 1991 a 2001 ukazuje v logickém sousledu postup tvorby, ale také velkou potřebu diskuze. Vytvořené modely poslouží k dalším geoinformatickým (hledání nejbližšího střediska či naopak tvorbě zón dostupnosti) či sociálněgeografickým (vztah k hierarchii osídlení) analýzám. Software ArcGIS se pro tyto operace projevil jako vhodný nástroj.

Literatura:

- AHMED, N., MILLER, H.J. (2007): Time-space transformations of geographic space for exploring, analyzing and vizualizing transportation systems. *Journal of Transport Geography*, 15, č. 1. Elsevier, The Netherlands, s. 2–17.
- Autoatlas ČSSR (1988). Geodetický a kartografický podnik, Praha, 148 s.
- BRAINARD, J. S., LOVETT, A. A., BATEMANN, I. J. (1997): Usány isochrone surfaces in travelcost models. *Journal of Transport Geography*, 5, č. 2. Elsevier, The Netherlands, s. 117–126.
- BRIMBERG, J., WALKER, J. H., LOVE, R. F. (2007): Estimation of travel distances with weighted lp norm: Some empirical results. *Journal of Transport Geography*, 15, č. 1, Elsevier, The Netherlands, s. 62–72.
- České dálnice – převedení části sítě rychlostních silnic do dálniční sítě. Ceskedalnice.cz, ©2002–2007, www.ceskedalnice.cz/prilohy/eRka_a_ceskedalnice.pdf (18.6.2007).
- Dálnice, ©2002–2006, <http://www.dalnice.com/pojmy/pojmy.htm> (10.4.2007).
- DUPUY, G., STRANSKÝ, V. (1996): Cities and highway network in Europe. *Journal of Transport Geography*, 4, č. 2. Elsevier, The Netherlands, s. 107–121.
- 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.
- HÚRSKÝ, J. (1978): Metody oblastního členění podle dopravního spádu. *Rozpravy Československé akademie věd*, 88, č. 6. Academia, Praha, 96 s.
- LI, S., SHUM, Y. (2001): Impacts of the National Trunk Highway System on accessibility in China. *Journal of Transport Geography*, 9, č. 1. Elsevier, The Netherlands, s. 39–48.
- LINNEKER, N., SPENCE, B. (1996): Road transport infrastructure and regional economic development. *Journal of Transport Geography*, 4, č. 2. Elsevier, The Netherlands, s. 77–92.
- LOWE, J., MORYADAS, S. (1975): *The Geography of Movement*. Houghton Mifflin Company, USA, 338 s.
- MAHDALOVÁ, I. (2006): Projektování městských komunikací – přednáška 2. VSB, Ostrava, <http://fast10.vsb.cz/mahdalova/mestkom/predna02.pdf> (2.10.2007).
- MAIER, K. SYKORA, L., MULÍČEK, O., DRDA, F. (2007): RePUS – Strategie pro regionální polycentrický urbánní systém v ekonomické integrační zóně středovýchodní Evropy. ČVUT, Praha, <https://gis.cvut.cz/index.php?id=196&lang=cz> (31.10.2007).
- MARADA, M. (2003): Dopravní hierarchie středisek v Česku: vztah k organizaci osídlení. Disertační práce. UK v Praze, PrF, KSGRR, Praha, 116 s.
- MIRVALD, S. (1988): Cvičení z ekonomické geografie II. – Geografie průmyslu. Ped. fakulta v Plzni, Plzeň, 93 s.
- MIRVALD, S. (2001): Cvičení z geografie dopravy a služeb. ZČU, Plzeň, 75 s.
- Portál veřejné správy ČR, ©2005–2007, <http://geoportal.cenia.cz/mapmaker/cenia/portal/> (18.9.2007).
- PROKEŠ, S. (2001): Prostorové nároky silniční dopravy. *Urbanismus a územní rozvoj*, 4, č. 5, http://www.uur.cz/images/publikace/uur/2001/2001-05/04_doprava.pdf (30.9.2007).
- RÓLC, R. (2001): Dopravní dostupnost a regionální význam krajských měst. *Geografie–Sborník ČGS*, 106, č. 4, 222–233 s.
- ŘEZÁČ, M. (2006): Jevy, konání a díla, Příloha k Informacím OP ČSSI. VSB, Ostrava, http://fast10.vsb.cz/cssi/1_2006/infessi_2006_1_4.pdf (20.6.2007).
- SPENCE, N., LINNEKER, B. (1994): Evolution of the motorway network and changing levels of accessibility in Great Britain. *Journal of Transport Geography*, 2, č. 2. Elsevier, The Netherlands, s. 247–264.
- TOLLEY, R., TURTON, B. (1995): *Transport Systems, Policy and Planning – a geographical approach*. Longman Scientific & Technical, England, 404 s.
- Zpravodajský server hospodářských novin idnes.cz, http://ekonomika.ihned.cz/c4-10130700-20855660-001000_d-dozeneme-historicka-zpozdeni (poslední úpravy 10.4.2007, cit. 25.10.2007).

MODEL OF TIME ACCESSIBILITY BY INDIVIDUAL CAR TRANSPORTATION

In the 1960s, the notion of accessibility was enlarged by the concept of impedance. This type of resistance could be represented by distance or by time or costs. Thanks to the modern information technologies the usage of the shortest distance method is easier nowadays. However, the human element is still necessary. The main problem is time-space transformation and the necessary network-analysis software. Time-space transformation is in fact an exchange of distance values for specific time duration. In the case of public transport, the solution is easy because of time schedules. Nevertheless, expert estimation is needed for individual car transportation and for building up a model. Time-space transformation is part of some software applications as route planners.

Methodology for creating an accessibility model: it is necessary to develop digital model of road network. The main problem of all digital data is that they are too recent. Therefore, we had to convert to digital form an analogue road atlas from 1991. On the other hand, many digital geographic data were available for 2001. There are many criteria for road categorization: type of road, number of lanes, slope, location in built-up area and others. Particularly slope analysis was a very complicated geoinformatic task. Powerful hardware is also needed. However, a higher GIS literacy is necessary for instance for slope analysis. We used the software ArcGIS, version 9.2. with extensions: Network analyst and 3D analyst. A 3-dimensional terrain model was created to deduce altitude. Each starting and ending point of all road and motorway segments was assigned exact elevation. Then horizontal slope was calculated. The analysis was performed for both time periods (1991 and 2001).

The most important part of the model creation consists in the discussion of average speed on roads. There are many factors that play a role in increasing and decreasing average speed. The best way to determine the most exact values is to use several methods: field research, research in relevant literature and articles, use of route planners. The obtained values were then processed by comparative analysis and subjected to logical evaluation.

Two digital models of Czechia were created for the 1991 and 2001 census years. They will be the base for further geographical analysis of transformation in Czechia, for instance for finding periphery areas. Two isochronic maps are enclosed to demonstrate functionality of the two models.

The models clearly show that accessibility improved during the transformation: in 2001, it decreased by more than one hour between Prague and Ostrava. Thus, the accessibility of Prague was two and a half hours, except from the eastern Moravia. The analysis is valid only for car transport. Nevertheless, in 2001 there were several railway corridors.

The highest insufficiency of the models is in their accuracy. However, we have used several methods to determine the average speed. The only way of making the model and the average speed values more exact is to make a field trip in cars with GPS locators. Other factors influencing accessibility could also be included into the analysis, as car flow or road diversions. These could be subject of our following research.

Fig. 1 – Selected factors influencing the average speed on roads. In columns from left: road type, within/without built-up areas, state of road and reparations, time of the day, width of the road, average speed, state of vehicles, lengthwise inclination of the road, traffic intensity, accident frequency, season. Source: author's investigation.

Fig. 2 – Isochrones of time accessibility of Prague in (above) and 2001 (below). White – more than 240 minutes or not analysed. Line – motorways, fast roads, road of 1st and 2nd category.

Pracoviště autora: katedra aplikované geoinformatiky a kartografie Přírodovědecké fakulty UK, Albertov 6, 128 43 Praha 2; e-mail: houda@atlas.cz.

Do redakce došlo 29. 11. 2007