

Monika ŠEDĚNKOVÁ, Jiří HORÁK, Lucie JUŘIKOVSKÁ

SIMULAČNÍ PŘÍSTUP K HODNOCENÍ DOPRAVNÍ DOSTUPNOSTI NA PŘÍKLADU DOJÍŽDKY DO ZAMĚSTNÁNÍ

Šedenková, M., Horák, J., Juříková, L.: *Simulative approach for evaluation of traffic accessibility on example of commuting*. Kartografické listy 2006, 14, 4 figs., 2 tabs., 8 refs.

Abstract: For evaluation of transport accessibility using public transport means can be applied the analysis of time schedules. It is possible to evaluate existing public transport connections, analyse selected conditions, evaluate real costs of commuting, evaluate conditions of commuting like number and waiting time for changing and apply Monte Carlo simulation approach to evaluate not only average conditions but also the range of commuting conditions (which can be next utilised with probabilistic approach or bulk service approach). The weakness of this method can be found in the need of appropriate parameters setting (parameters for commuting like requested time of departure or arrival – it can be overcome by simulation approach), appropriate evaluation of results (evaluation of different parameters of found connections), selection of probable commuting destinations. The presented method was applied and tested for Bruntal district in the Czech Republic. Very important question is visual presentation of the results.

Keywords: GIS, traffic accessibility, simulation, cartographic tools of expression

Úvod

Řešení, popis a analýza dopravní dostupnosti je v současné době velmi frekventovanou úlohou, neboť dopravní dostupnost a obslužnost významně ovlivňuje rozvoj území. Proto zajišťování dopravní obslužnosti patří k důležitým úkolům orgánů veřejné správy, jež vynakládají značné finanční prostředky na zlepšení nebo udržení dopravní dostupnosti především menších obcí, které potřebují spojení s většími městy či obcemi. V těchto obcích se mimo jiných problémů způsobených nedostatečnou obslužností veřejnou dopravou může zvyšovat nezaměstnanost, lidé se stěhují do měst a podobně. Z toho také vyplývá, že dopravní hodnocení dopravní dostupnosti a obslužnosti je důležité pro občany, kteří se rozhodují o místě svého trvalého bydliště a taktéž se uplatňuje při rozhodování o rozmístění nových služeb či zařízení. Řešení dopravní dostupnosti patří k významným nástrojům také prostorové analýzy trhu práce. Funkční vymezení regionálního trhu práce je určeno pomocí dopravní dostupnosti zpravidla jako území, odkud je možné dojíždět denně do zaměstnání v rámci tohoto území.

Príspevek pojednává o přípravě postupu stochastické simulace, která bude umožňovat simulaci požadavku na čas odjezdu/příjezdu společně se simulací cíle dojíždění z dané obce, při zjišťování podmínek dojíždění a vyhodnocení dopravní dostupnosti s využitím pravděpodobnostního hodnocení simulovaných možností dojíždění. Výsledky jsou statisticky zpracovány a vhodně vizualizovány s využitím GIS technologií.

Analýza dopravní dostupnosti

Studiu dopravní dostupnosti se věnuje celá řada autorů národních i mezinárodních. Za zmínku stojí např. analýza individuální dostupnosti pracovních míst v západní části Nizozemí dokumentována v práci P. Burrougha a R. McDonnella (1998).

Ing. Monika ŠEDĚNKOVÁ, Doc. Dr. Ing. Jiří HORÁK., Ing. Lucie JUŘIKOVSKÁ, Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava-Poruba, e-mail: monika.sedenkova.hgf@vsb.cz, jiri.horak@vsb.cz, lucie.jurikovska.hgf@vsb.cz.

Taktěž L. Jánošíková a A. Kubání (2000) dokumentují model pro posouzení kvality osobní hromadné dopravy v Žilinském kraji z hlediska časové dostupnosti obcí. Danou problematikou se zabývá mnoho dalších autorů.

Pro řešení a hodnocení dopravní dostupnosti a obslužnosti používáme následující nástroje:

- analýzy výsledků ze *Sčítání lidu, domu a bytů* (SLDB),
- síťové analýzy,
- analýzy jízdních řádů.

Výsledky těchto analýz dokumentuje J. Horák et al. (2005). Další možnosti jsou dopravní průzkumy, socioekonomické modely (např. gravitační model, regresní model). Tento příspěvek se zabývá především analýzou jízdních řádů, které při hromadném zpracování dovolují prověřit existenci a parametry spojení veřejné hromadné dopravy ve stavu podle použitých datových souborů jízdních řádů. Tyto analýzy umožňují hodnocení stávajících a plánovaných dopravních spojení, nastavení specifických podmínek (např. dojezd na určitou hodinu), podrobné hodnocení podmínek dojíždění (reálných cen, počet přesedání, doba čekání apod.), nízkou cenu analýz a jejich libovolné opakování.

Pro zpracování byl vybrán okres Bruntál, který je z hlediska ekonomické úrovně, trhu práce a zajištění dopravní obslužnosti jedním z nejslabších v ČR. Zabezpečení dopravní obslužnosti v okrese je realizováno z části vlakovou, ale především autobusovou dopravou. Pro zpracování byli vybráni zaměstnavatelé, kteří zaměstnávají 50 a více zaměstnanců, a také zaměstnavatelé, kteří zaměstnávají sice méně než 50 zaměstnanců, ale svým umístěním jsou významní pro své okolí (významní ve svém mikroregionu, na lokálním trhu práce). Výběr se týkal pouze zaměstnavatelů na území okresu Bruntál, protože podle experta na úřadu práce Bruntál není potřeba pro lokální trh práce uvažovat zaměstnavatele sídlící na území sousedních okresů.

Avšak jak se později ukázalo, obslužnost obcí při okraji hranic okresů je horší nejenom v důsledku horského charakteru oblasti, ale i nízkého počtu dopravních spojení k významným zaměstnavatelům nezahrnutím do zpracování zaměstnavatelů ze sousedních okresů. Vystává otázka jak správně identifikovat cíle dojíždění, které jsou v analýzách a hodnocení používány.

K určení objektů dojíždění lze použít několika metodických přístupů:

- odhad cílů na základě využití výsledků terénního šetření (specializované firmy nebo někteří dopravci sledují četnost dopravy na jednotlivých úsecích, např. z firmy UDIMO byly získány výsledky šetření frekvence cestujících na jednotlivých spojích v průběhu dne z roku 1999),
- stanovení cílů na základě výsledků SLDB,
- expertní posouzení na základě databáze firem (např. z úřadu práce, z různých firemních katalogů).

Tímto problémem se v současné době zabýváme v rámci interního grantu „Identifikace a hodnocení dojížděkových cílů pro studium dopravní dostupnosti pracovních míst“, kde se provádí identifikace významných zaměstnavatelů v sousedních okresech (Jeseník, Šumperk, Olomouc, Opava). Uvedená data byly poskytnuty úřady práce v jednotlivých okresech.

K automatizovanému zpracování jízdních řádů využíváme program DOK vytvořený v programovacím jazyku Visual Basic 5. Nalezená spojení vyhodnocujeme a sledujeme dojížděku do zaměstnání na ranní, odpolední a noční směnu. Parametry pro vyhledávání vhodné dojížděky, která je omezena dobou cestování a intervalem pro příjezd a odjezd, jsou uvedeny v tab. 1. Ve zvláštních případech (Horák et al. 2005) sledujeme i teoretickou dojížděku, která není omezena dobou cestování.

Tab. 1 Doporučené parametry vhodné dojížděky

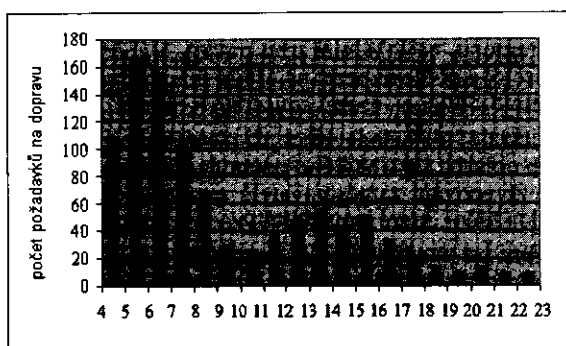
	na 6. hodinu a zpět	na 8. hodinu a zpět	na 14. hodinu a zpět	na 22. hodinu a zpět
příjezd	5:15 – 5:45	7:15 – 7:45	13:15 – 13:45	21:15 – 21:45
odjezd	14:45 – 15:15	16:45 – 17:15	22:15 – 22:45	6:15 – 6:45
doba cestování	Max. 60 minut			

Simulační přístup

K základním nevýhodám analýz jízdních řádů patří nutnost nastavení základních parametrů pro vyhledaná spojení, především čas odjezdu či příjezdu. Tyto nedostatky může odstranit nebo alespoň zmírnit simulační přístup, kdy jsou simulovány, jak čas tak i cíle dojíždění.

Základem náhodné simulace je generování pravděpodobných časů odjezdu a cílů dojezdu. Každá obec se zpracovávala ve dvou variantách. Čas odjezdu byl generován na základě distribuce simulovaných požadavků na dopravu a cíl dojezdu podle dojížděkových proudů z dané obce do jiných (z výsledků SLDB 2001) anebo dle počtu pracujících u významných zaměstnavatelů v cíli cesty. Pro danou obec se sečtou všechny proudy či počet pracovních míst, udělá se vhodný poměr pro počet simulací a kopíruje se každý cíl v příslušném poměru pro stanovení počet všech cílů.

Distribuce, jež představuje požadavky cestujících na dopravu, nebyla nalezena. Žádné společnosti zabývající se optimalizací dopravy ani marketingové společnosti provádějící průzkum veřejného mínění tuto skutečnost nesledují. Bylo přistoupeno k simulaci této distribuce, které jasně ukazuje hlavní ranní špičku a vedlejší odpolední vrchol v dopravě. Distribuce byla modelována pomocí šesti normálních a jedné rovnoměrné distribuce, k jejich vygenerování v řadě 1000 čísel byl použit program SPSS. V databázovém prostředí bylo zajištěno složení jednotlivých distribucí do výsledné distribuce (obr. 1), transformace náhodných čísel na čas v intervalu mezi 4 a 23 hodinou a náhodný výběr času odjezdu podle této distribuce.



Obr. 1 Histogram četnosti simulovaných požadavků na dopravu

K jednotlivým spojení z vybrané obce do cíle cesty byly k simulovaným časům vybrány nejbližší odjezdy autobusů či vlaků. V případě, že z obce odjíždí dva spoje ve stejný čas, byl upřednostňován spoj s dřívějším příjezdem do části obce zaměstnavatele. Bylo upřednostněno spojení s minimální cenou. Získané výsledky byly vyhodnoceny. Velmi zajímavé jsou především počet úspěšných spojení pro jednotlivé varianty (u některých simulovaných požadavků se vůbec nepodařilo najít spojení), průměrná doba cestování a průměrná doba čekání na spoj (tab. 2).

Tab. 2 Vybrané části obcí a k nim náležící počet úspěšných spojení pro dané varianty

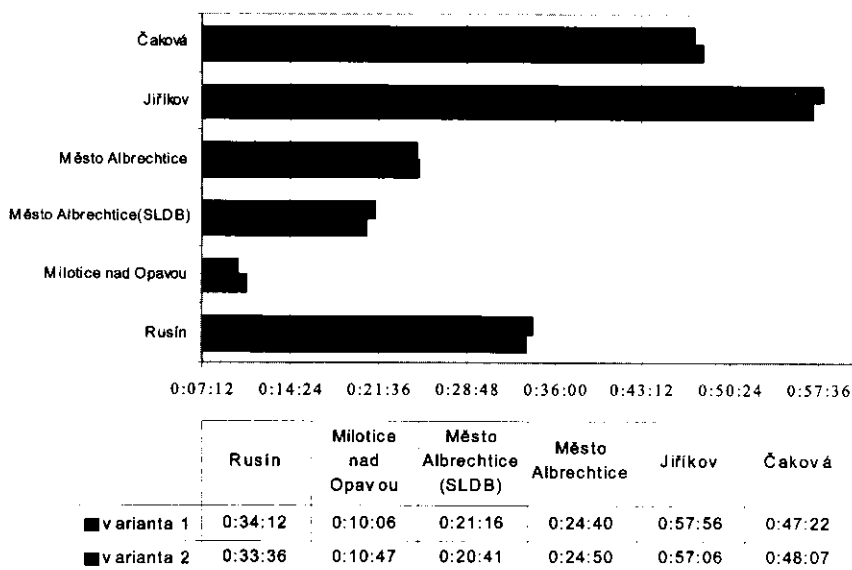
KOD COB	Název COB	Počet úspěšných spojení		Průměrná doba cestování		Průměrná doba čekání na spoj	
			Varianta 2			Varianta 1	Varianta 2
01830	Čaková	99	98	0:47:22	0:48:07	0:55:59	0:54:39
06108	Jiřkov	95	93	0:57:56	0:57:06	4:06:01	3:50:50
09339	Město Albrechtice	100	100	0:24:40	0:24:50	0:22:13	0:21:44
09339	Město Albrechtice*	100	100	0:21:16	0:20:41	0:17:09	0:19:55
09518	Milotice nad Opavou	100	100	0:10:06	0:10:47	0:31:21	0:27:02
14368	Rusín	86	87	0:33:36	0:34:12	1:42:03	1:35:14

*Cíl dojížděky dle výsledků SLDB 2001.

Při ověřování, kolik simulací je zapotřebí k dosažení stabilního výsledku, se ukázalo, že není třeba provádět simulaci pro 500 časů, jelikož u obcí, které mají úspěšnost nalezených spojení 100%, již při počtu 100 a 200 simulovaných časů, se v podstatě výsledky neliší. Úspěšnost počtu nalezených spojení též závisí na vhodné volbě dopravních cílů (obce významného zaměstnavatele). Nejvhodnější, resp. dostačující počet simulovaných časů se jeví počet 200. Při simulaci stejného počtu časů ve dvou variantách výsledky neprokázaly významné rozdíly, proto není třeba provádět simulaci časů ve více variantách. Z tab. 2 je evidentní, že jsou rozdíly v průměrné době cestování a v průměrné době čekání na spoj, kde se liší i o několik minut, zejména u obcí s nedostačující dopravní obslužností. Např. pro obec Jiříkov je průměrná doba čekání na spoj cca 4 hodiny, pro obec Milotice nad Opavou je mnohonásobně kratší (cca 29 minut).

Vizualizace výsledků

V rámci testovacího území okresu Bruntál byly mapovány 3 oblasti s výrazně nízkou úrovní simulované dopravní dostupnosti do zaměstnání: Osoblažský výběžek, jih okresu a jihozápad okresu. Získané výsledky je vhodné vizualizovat. Pro vizualizaci výsledků byly zvoleny grafy, bodově lokalizované a liniové kartodiagramy. Grafy jsou výhodné z hlediska dobré čitelnosti. Pro jednoduché srovnání byl zvolen graf (obr. 2). Bodově lokalizované kartodiagramy ukáží rozložení sledovaného jevu v prostoru a liniové kartodiagramy i směr toku daného jevu.

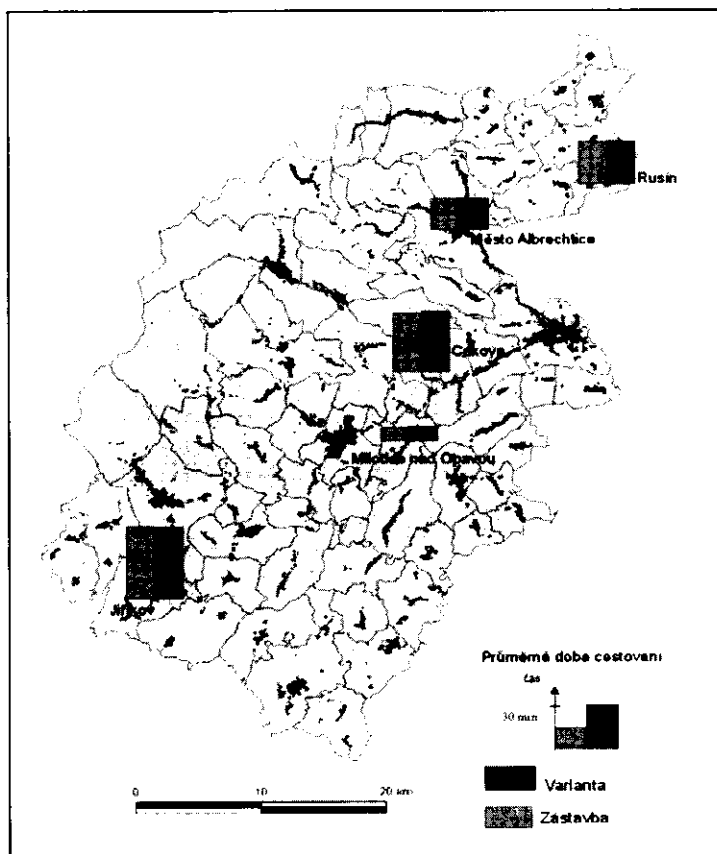


Obr. 2 Průměrná doba cestování k nejbližším významným zaměstnavatelům

Pro zobrazení jevu v prostoru byly voleny tématické mapy. Prioritním hlediskem při tvorbě tematických map je snaha o komplexní zobrazení charakteristik mapovaného jevu, jeho struktury, kvality, kvantity, významu a vzájemných vazeb. Pro znázornění absolutních hodnot jevu jsou vhodné metody: kartodiagramu, teček, izolinií (Veverka 2001, Voženilek 2001). Zaměřili jsme se na metodu kartodiagramu, která se jeví pro znázornění získaných dat nejvhodnější.

Kartodiagramy (diagramové mapy) jsou používány pro prezentaci statistických údajů. Většinou znázorňují hodnoty v absolutní podobě. Výjimku tvoří strukturální kartodiagramy, kde jsou hodnoty znázorněny v procentuálním zastoupení. Kromě diagramu se v mapě mohou vyskytovat i další objekty (vodstvo, komunikace atd.). Tyto objekty jsou většinou potlačeny, aby nebyla zastíněna informace o kvantitě zobrazovaného jevu. Pro svoji jednoduchost a přehlednost se staly kartodiagramy často používanou kartografickou pomůckou nejen mezi kartografy, ale i mezi pracovníky jiných oborů, kteří zpracovávají statistická data (ekonomie, geografie, meteorologie, reklama).

Bodově lokalizované kartodiagramy jsou kartografickým vyjádřením statistických dat ve formě diagramů vztahených ke konkrétní lokalitě umístěných v mapové kostře. Udávají charakteristiky jevů v určitých místech, nejčastěji v sídlech, stanicích nebo bodech, kde byly zjištěny. Používají k vyjádření vlastností jevu bodové diagramy, které vyjadřují kromě kvality i kvantitu v míře absolutní.



Obr. 3 Bodově lokalizovaný kartodiagram průměrné doby cestování

Data, která představují toky lidí, zásob atd. mezi zdroji a cílovými místy se nazývají iterační data. Pro interakční data je charakteristické, že se „odehrávají“ mezi prostorově odlišnými místy a nevztahují se k jednomu bodu. K popisu takových dat obvykle třeba množinu bodů, které ilustrují zdrojová a cílová místa a toky mezi těmito místy. Kartografie používá k vizualizaci interakčních dat liniových kartodiagramů. Liniovým diagramem lze ukázat dvě základní informace o jevu, a to směr jevu a velikost jevu.

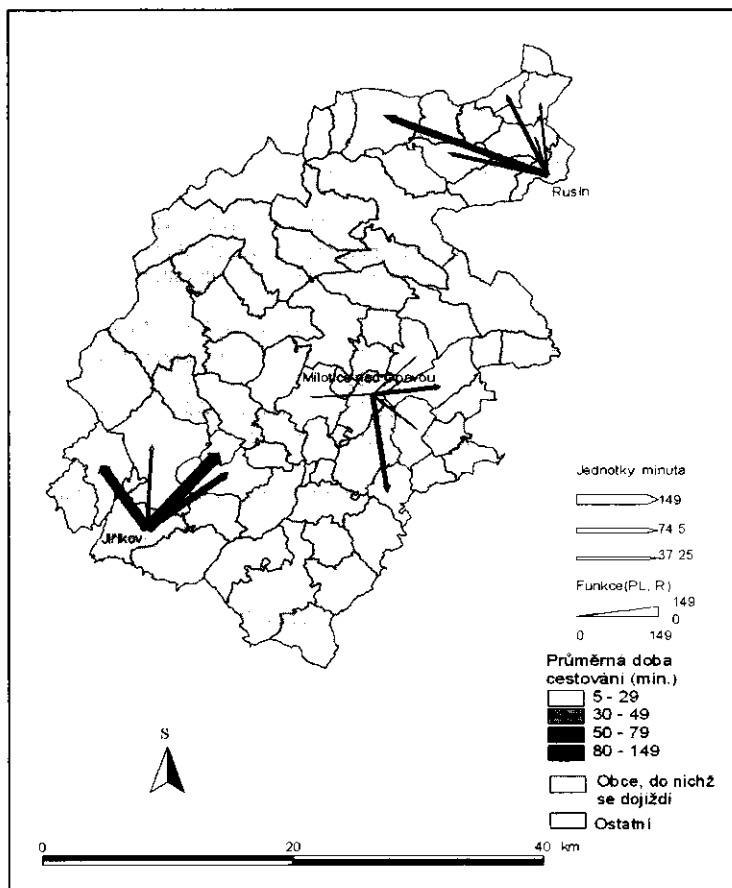
Podle J. Kaňoka (1999) jsou liniové kartodiagramy též pásové, proužkové, stuhové (dle Voženilka 2001 – pendlogramy), diagramy ve tvaru pásu probíhajících ve směru znázorňovaného jevu. Velikost a dynamika se znázorňuje pomocí barvy nebo rastru. K určení směru se především používají šipky. Liniové kartodiagramy jsou vhodné pro dopravní mapy, meteorologické mapy apod. Dále se dělí na stuhové a vektorové. My se zaměřili na vektorové kartodiagramy, které jsou typické svým počátečním bodem, směrem a délkou vektoru. Dělí se na kartodiagram vektorový dosahový a kartodiagram vektorový proudový.

V práci B. D. Denta (1999) se objevují také další alternativní řešení kartodiagramů. Jedním z těchto řešení je, že místo odstupňované šířky linie se velikost toku symbolizuje pomocí teček ne-

bo šraf podél linie znázorňující směr. Další možností je, že stuhý mají konstantní šířku, ale výplň stuhý je vykreslena odlišným vzorem (strukturou) podle velikosti toku.

Pro vizualizaci dat (průměrná doba cestování a průměrná doba čekání na spoj) byly zvoleny vektorové kartodiagramy vytvořené v programovém produktu ArcView GIS verze 3.2 s využitím programové extenze VID (Vizualizace interakčních dat verze 1.0), vytvořená J. Hermannem (2001). Tato extenze vychází a rozšiřuje program DiagramWizard, jenž je komerčním produktem německé firmy Alta4, a je možné ji zdarma vyzkoušet po dobu 30 dní (pouze však jenom některé funkce). Program nabízí komplexní možnosti pro tvorbu různých druhů kartodiagramů, nejenom liniových (http://www.alta4.com/eng/products_e/diagramwizard/index.html).

Program VID byl vytvořen v mateřském jazyce ArcView GIS (Avenue) a sestává se z jediného vstupního formuláře, který slouží k definici požadovaných vlastností výstupní vrstvy. S využitím funkcí ArcView pro tvorbu tématických map a dalších funkcí umožňuje program vytvářet srozumitelné mapové výstupy, vizualizovat interakční data různými způsoby. Program není omezen pouze na práci s toky v jednom směru, ale umožňuje řešit také protilehlé toky a dokonce i vícenásobné toky v obou směrech. Automaticky vykresluje pouze toky, které jsou v tabulce toků vybrány. K vykreslení je možné vybrat některý z různých nadefinovaných symbolů. V případě obousměrných toků program standardně vykresluje toky po směru vždy na pravé straně (jako na skutečné silnici). Toto pravidlo umožňuje snadnou orientaci a čitelnost symbolů i v případě, kdy nevznáčí směr prostřednictvím šipky. Lze zapnout i opačnou orientaci.



Obr. 4 Vektorový liniový kartodiagram průměrné doby cestování

Závěr

Simulační přístup k výběru spojení (na základě distribuce požadavků na dopravu) ukázal, že lze využít při odstranění problémů s nastavením parametrů vyhledávaných spojení. Ve srovnání se základními metodami hodnocení dopravní dostupnosti, simulační přístup potvrzuje věrohodnost hodnocení, navíc může ukázat za jakých podmínek zaměstnanec cestuje. To znamená, že pokud se požaduje spojení do zaměstnání v daný čas, dají se získat informace o době čekání na spoj případně o době cestování do zaměstnání v průběhu dne. Pokud jsou dvě obce hodnoceny jako nedosta- tečně obslužné např. při hodnocení dojížděky na ranní směnu, na základě simulačního přístupu lze obce ještě diferencovat dle průměrné doby čekání na spoj, která může být u obou obcí rozdílná.

Vážný je hraniční problém. Pokud nesledujeme spádovost k zaměstnavatelům, např. za hranice okresu, je obslužnost obcí u hranic okresu horší oproti obcím uvnitř okresu, tudíž je počet naleze- ných spojení k požadovanému (simulovanému) času je nižší.

Uvedený postup se dá s výhodou použít pro hodnocení úrovně dopravní obslužnosti obcí. Byly doporučeny základní parametry provádění takových analýz včetně doporučení zahrnutí zaměstna- vatelů ze sousedních okresů do zpracování. Velmi důležitou součástí je volba vhodných vyjadřo- vacích kartografických prostředků.

Príspevek vznikl na základe finanční podpory interního grantu VŠB-TU Ostrava, institut geoin- formatiky, „Simulační přístup k hodnocení dopravní dostupnosti na příkladu dojížděky do zaměstná- ní“ v roce 2005 a následujícího grantu „Identifikace a hodnocení dojížděkových cílů pro studium dopravní dostupnosti pracovních míst“ probíhající v tomto roce.

Literatura

- BURROUGH, P., MCDONNELL, R. (1998). *Principles of Geographical Information systems*. Oxford (Ox- ford University Press). ISBN 0-19-823365-5.
- DENT, B. D. (1999). *Cartography, Thematic Map Design*. Fifth edition. Dubuque (WCB/McGraw-Hill). ISBN 0-679-38495-0.
- HERMANN, J. (2001). *Vizualizace interakčních dat*. Diplomová práce. Ostrava (VŠB-TU).
- HORÁK, J., HORÁKOVÁ, B., ŠEDĚNKOVÁ, M., ŠIMEK, M., RŮŽIČKA, L., PEŇÁZ, T. (2005). *Dostup- nost zaměstnavatelů v okrese Bruntál*. Dostupný na [http://gis.vsb.cz/GACR_MTP/Clanky/ dostup- nostBR_X2.pdf](http://gis.vsb.cz/GACR_MTP/Clanky/dostup- nostBR_X2.pdf).
- JÁNOŠÍKOVÁ, L., KUBÁNI, A. (2000). *Dopravná dostupnost obcí*. In: Zborník medzinárodnej vedeckej konferencie Riadenie a informatika v novom tisícročí, Fakulta riadenia a informatiky, Žilinská uni- verzita v Žiline (Vyd. Žilinskej univerzity), s. 217-222.
- KAŇOK, J. (1999). *Tematická kartografie*. 1. vydání, Ostrava (Ostravská univerzita). ISBN 80-7042-781-7.
- VEVERKA, B. (2001). *Topografická a tématická kartografie 10*. 1. vydání. Praha (Vydavatelství ČVUT). ISBN 80-01-02381-8.
- VOŽENÍLEK, V. (2001). *Aplikovaná kartografie I., Tematické mapy*. 2. vydání, Olomouc (Univerzita Palac- kého). ISBN 80-244-0270-X.

S u m m a r y

Simulative approach for evaluation of traffic accessibility on example of commuting

For traffic accessibility studies following main tools appropriate we use:

- analysis of census results,
- network analysis,
- analysis of time schedule of public transport.

This paper is about analysis of time schedule of public transport. The presented method were applied and tested for Bruntál district in the Czech Republic.

For these purposes it was prepared the programme application which is able to process thousands of re- quests for commuting. We utilise DOK programme which is tailored for searching in time schedule IDOS (application for travel connection searching).

The traffic accessibility was studied from the point of view of commuting to work. The destination for commuting was specified according location of important employers. Important employers were identified in collaboration with local labour office. There have been chosen the employers employing of 50 and more em- ployees. Thanks to the boundary and mountain character of the region, the employers of the neighbouring regions were not included into the processing.

The analyses of time schedules were provided for various parameters setting and results were compared. Commuting for 3 work shifts were tested (1st work shift with 3 possible starting time) and were recommended parameters of suitable commuting. The commuting has been controlled on two levels – as the suitable commuting and theoretical commuting (there is possible the longer travel time and sooner departure than in the case of suitable commuting).

By the timetable analysis, there appears problem with correct parameter setting of searched connections, e.g. time of departure, arrival, selected connection limitations when the price or distance is abnormal. It is possible to use also the simulation access to the connection selection by the municipality transport accessibility analysis. Main goal of this evaluation was to accomplish the simulation of departure times from selected municipal parts to nearest parts of municipalities where the significant employers reside and to evaluate the transport service of given municipal parts by means of public transport. The drive destination has not been chosen randomly, but according to nearest significant employers. There has also been alternatively tested the arrival according to results of census.

The simulation approach to the link selection (on the basis of transport demands distribution) can be used to remove the problems with setting the parameters of searched connections (time of arrival/departure, limitation of selected connection by abnormal length or price). And also it was recommended to include into the processing the important the employers of the neighbouring regions.

The very important part is visualisation of results. We use GIS technology to create maps (ArcView GIS and programme extensions: DiagramWizard and VID – Herman 2001). There were used some cartographic tools to create the graphs, flow maps and point diagrams.

Fig. 1 The simulated transport demands

Fig. 2 Average time of travelling to nearest significant employers

Fig. 3 Point diagram for average travelling time

Fig. 4 Flow map nonquantitative for average travelling time

Tab. 1 Recommended parameters of suitable commuting

Tab. 2 The selected COB and corresponding number of successful links to given alternatives

Lektoroval:

Doc. RNDr. Dagmar KUSEDOVÁ, CSc.,

Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, Bratislava