

PLÁNOVÁNÍ ROZVOJE CYKLISTICKÉ INFRASTRUKTURY S VYUŽITÍM METOD PODPORY PROSTOROVÉHO ROZHODOVÁNÍ

PLANNING THE DEVELOPMENT OF CYCLING INFRASTRUCTURE USING
SPATIAL DECISION MAKING SUPPORT METHODS

Aleš Ruda, Ludmila Floková

Abstract: *Planning the development of cycling infrastructure underlines the importance of suitable and sustainable transportation inside cities. In spite that decision making process implements many statistical tools, proposing new cycle paths is based on both quantitative evaluating and qualitative respecting strategic intent of the city. The main goal of the paper is to extend currently accepted approaches in modelling of cycling infrastructure towards geostatistical analysis. The research documents a comparative study of different interpolation techniques producing raster surfaces for further processing using multicriterial evaluation. To choose an appropriate interpolation method several methods were tested, especially Inverse Distance Weighted, Radial Base Function, Simple Kriging, Ordinary Kriging and Empirical Bayesian Kriging. Besides interpolated data taken from field counting, points of cyclists' interest have been implemented into the assessment. Considering two strategies (safety and preparedness for cycling infrastructure development) determining weights, two sets of proposals have been also presented. The results were equally reclassified into five classes for possible comparison.*

The document can be downloaded at <http://hdl.handle.net/10195/66936>.

Keywords: *Cycle path, Geostatistical interpolation, Cyclist counting, Multicriterial evaluation, Infrastructure planning.*

JEL Classification: *C15, C88, R41.*

Úvod

Budování udržitelné městské dopravy je záležitostí již několika let. Se střídavými úspěchy se městům daří zkvalitňovat životní prostředí a zvyšovat bezpečnost cyklistů právě vytvořením udržitelné městské mobility. Tento trend potvrzuje i sílicí význam Asociace měst pro cyklisty, větší účast měst v soutěži Do práce na kole i zlepšující se možnosti čerpání finančních prostředků z evropských fondů, Státního fondu dopravní infrastruktury apod. Základním předpokladem využití podpory z dotačních programů je výstavba a údržba cyklistické infrastruktury, která povede ke zvýšení bezpečnosti dopravy a jejího zpřístupnění osobám s omezenou schopností pohybu a orientace a zklidnění dopravy jako takové. Prvotním cílem podpory bylo eliminovat cyklistickou dopravu v extravilánu ze silnic I., II. a III. třídy a převést ji na souběžnou síť cyklostezek (SFDI, 2013). Národní strategie rozvoje cyklistické dopravy (MD a CDV, 2015) se zabývá možností, aby v intravilánu měst na silnicích I., II. a III. třídy bylo možné realizovat cyklistické pruhy a další integrační opatření, pokud k tomu budou na dotčené pozemní komunikaci šířkově vhodné parametry, místo výstavby nákladných cyklostezek, neboť křížení nově vybudovaných cyklostezek spíše zvyšuje nebezpečnost. Dopravní politika ČR pro období

2014-2020 s výhledem do roku 2050 (MD ČR, 2013), kde je okrajově zmíněn význam cyklo dopravy jako významného atributu pro rozvoj cestovního ruchu a neopomíná ani její význam při dojíždění do zaměstnání a škol, kdy v rámci zajištění bezpečnosti dopravy je podtrhnuta nezbytnost zajistit podmínky s ní související. Národní strategie bezpečnosti silničního provozu (Besip, 2011) klade velký důraz na podporu cyklo dopravy v souvislosti s tvorbou legislativních opatření, zdůrazňuje zakotvení povinnosti používání ochranných prvků v legislativě. V Bílé knize o dopravě (Evropská komise, 2011) je cyklo doprava řešena v rámci prioritizace bezpečnosti dopravy a podpory udržitelného chování. V Zelené knize (Komise evropských společenství, 2007), obdobně jako v Národním programu reforem ČR (Úřad vlády ČR, 2014) je cyklistická doprava prezentována v kontextu jejího významu pro environmentálně šetrné způsoby dopravy a výstavby infrastruktury směřující ke zvýšení bezpečnosti cyklistů. V dalších strategických dokumentech regionálního rozvoje ČR (MPO ČR, 2010), Politika územního rozvoje ČR (MMR ČR, 2015) a celé řady usnesení vlády ČR je mimo výše uvedené vyzdvihován význam cyklistické dopravy jako podpora zlepšování životního stylu a zdravotního stavu populace. Otázkou rozhodovacího procesu je pak výběr prvků stávající infrastruktury, které by byly do rozšíření stávajících cyklostezek zapojeny. To může být řízeno subjektivním přístupem hodnotitelů bez využití potřebných indikátorů, nebo lze využít některého z přístupů pro podporu prostorového rozhodování. Cílem tohoto příspěvku je s využitím geostatistických nástrojů GIS a multikriteriální analýzy doporučit prvky aktuální dopravní infrastruktury vhodné pro plánování rozšíření stávající sítě cyklostezek na příkladu města Přerova.

1 Formulace problematiky

1.1 Sčítání cyklistů a jejich predikce

Predikce pohybu cyklistů představuje pro plánování a alokaci nákladů výstavby nové infrastruktury zásadní informaci, která je založena na sběru primárních dat. Přístupy k metodice sčítání cyklistů jsou řešeny v mnoha studiích (Lindsey et al., 2014; Nordback et al., 2013; Lowry et al., 2013; Schneider et al., 2005; Zaki et al. 2013). V zásadě lze sčítání organizovat na hranách (úsecích) nebo v uzlových bodech (křižovatkách) sítě, a to v krátkodobém nebo v dlouhodobém časovém úseku (Lowry et al., 2013). Nordback et al. (2013) zmiňují, že sčítání lze realizovat ručně nebo s pomocí automatických sčítačů. Ruční sčítání je finančně méně náročné a obvykle se provádí nárazově v periodě dvou hodin nebo kontinuálně 24 hodin denně s podporou např. video sčítačů. Sčítání na křižovatkách probíhá většinou ručně a v krátkých časových úsecích a využívá čtyř různých sčítacích technik: absolutní součet projíždějících cyklistů, čtyřcestný součet při opuštění křižovatky, čtyřcestný součet při příjezdu do křižovatky nebo 12cestný součet příjezdu a následného opuštění křižovatky (Lowry et al., 2013) – počet cest musí být přizpůsoben geometrii křižovatky. Zjištěné hodnoty mohou být ovšem ovlivněny mnoha faktory, nejčastěji jsou uvažovány projevy počasí, demografické charakteristiky, vzdálenost od místa největších zaměstnavatelů apod. (Cardoso et al., 2012; Di Piazza et al., 2011; Thomas et al., 2009). Přesnost těchto výsledků lze vyhodnotit chybou související s ručním sčítáním. Lowry et al. (2013) pracují s absolutní procentuální chybou zjištěnou z porovnaných videozáznamů ručního sčítání. V tomto kontextu však vyvrátili, že by technicky složitější 12 cestné sčítání vykazovalo vyšší chybovost. Některé nejnovější studie (Esawey et al., 2013; Nordback et al., 2013; Nosal 2014; Roll, 2013) pro dosažení co nejpřesnějšího výsledku používají kombinaci krátkodobého ručního a dlouhodobého automatického sčítání. Původní vstupní data získaná primárním sběrem dat (sčítáním cyklistů) ovšem nemusí být statisticky reprezentativní, proto se pro zahuštění bodového pole využívá různých statistických

predikčních metod. Straus a Miranda-Moreno (2013) vytvořili prostorově regresní model, který výslednou hodnotu na neznámých křižovatkách odhaduje v souvislosti s využitím území (landuse), demografickými charakteristikami, geometrií křižovatek cyklistickou infrastrukturou či povětrnostními podmínkami. Aplikaci lineární regrese metodou nejmenších čtverců využili Griswold et al. (2011) a obdobně jako Straus a Miranda-Moreno (2013) vycházeli z přítomnosti různorodé vysvětlující proměnné (průměrná sklonitost svahů, přítomnost cyklistického značení, okolní využití území a dopravní charakteristiky – hustota křižovatek, procento přípojných uzlů apod.). Využívá se také studií, které se zabývají bezpečnostními analýzami a identifikací problematických míst v cyklistické infrastruktuře (Brüde a Larsson, 1993; Máchová et al., 2009; Strauss et al., 2015). Pro možnosti odhadu celodenní intenzity cyklistické dopravy na základě krátkodobých dopravních průzkumů je vhodné stanovit několik různých variací intenzit cyklistické dopravy: podle podílu dopolední intenzity v době 5:00-9:00 na celodenní (24h) intenzitě dopravy, podle podílu odpolední intenzity v době 14:00-18:00 na celodenní (24h) intenzitě dopravy, podle obou z výše uvedených faktorů a podle velikosti a doby špičkové hodinové intenzity dopravy (Státní fond dopravní infrastruktury, 2015). S postupným zdokonalováním sledovací technologie lze k tomuto účelu využít globálních polohových navigačních systémů v kombinaci s GPS sledovacími zařízeními (Strauss et al., 2015). Kromě pohybu cyklistů poskytují tato data také informace pro hodnocení chování cyklistů (Broach et al., 2012; Donkwook et al., 2014, Xu et al., 2016). Vedle přínosu kvantitativních metod hodnocení cyklo dopravy, neméně významné závěry přináší také kvalitativní studie. Rybarczyk a Wu (2010) navrhli model založený na hodnocení nabídky a poptávky po službách cyklistické infrastruktury. Nabídkově založený model vycházel z BLOS (Bicycle Level of Service) indexu (Landis et al. 1997), zatímco poptávkou řízený model DPI (Demand Potential Index) zohledňoval šest faktorů (kriminalitu, obchody, školy, rekreační areály, parky a obyvatelstvo). Oba tyto indexy byly využity k sestavení shlukových map, které umožnily rozlišit vyšší koncentraci cyklistické dopravy na nebezpečných nebo pro cyklisty přijatelnějších úsecích. Jistou obdobou předchozího přístupu je index prioritizace, který zohledňuje pět faktorů: stávající cyklostezky, potenciální nové úseky cyklostezek, doporučení cyklistů pro výběr úseků cyklostezek, nehodovost a přítomnost slepých úseků (Larsen et al., 2013). Participativní přístup do svých rozhodovacích modelů začlenili také (Lundberg a Weber, 2016; Milakis a Athansopoulos, 2014; Shafizadeh a Niemeier, 1997). Aplikaci prostorových aspektů v plánovacím procesu lze nalézt u Evanse a Pratta (2007), kteří integrovali využití území (landuse) a charakteristik dopravního systému do plánovacího nástroje Transit Development System, nebo u Singh et al. (2014), kteří jejich práci rozšířili o další prostorově významná kritéria.

1.2 Prostorové modelování v dopravě

Modelování zatížení území cyklistickou dopravou patří k jedné z aktuálních výzev, se kterými je plánování dopravní infrastruktury neodmyslitelně spojeno. Mnohé studie (Barnes a Krizek, 2005; Cardoso et al., 2012; Nordback et al., 2013; Porter et al., 1999; Turner et al., 1999) dokazují, že ani predikce počtu cyklistů projíždějících jednotlivými křižovatkami nelze hromadně paušalizovat, většinou si musíme vystačit s ne příliš velkým souborem dat a modelování tak přizpůsobit výsledkům s vysokou přesností odhadu. Data o projíždějících cyklistech sledovanými křižovatkami lze primárně zpracovávat jako body s kvantitativně ohodnoceným atributem a nabízí se tak dvě řešení: odhad hustoty a interpolace fiktivního (umělého) povrchu. Výpočet hustoty lze řešit metodou jádrového odhadu, kdy v případě programových prostředků GIS můžeme zvolit funkci Kernel Density

function (Silverman, 1986), jehož výsledkem je vyhlazený povrch. V případě, že jsou sčítací stanoviště rovnoměrně rozmístěna a reálné shluky nelze považovat za náhodná rozmístění vhodná ke stanovení hustoty jevu, je využití interpolace vhodnější. V kontextu dělení interpolačních metod se s ohledem na studovaný jev nabízí využití lokální, exaktní/aproximativní a stochastické interpolační metody (např. IDW – Inverse Distance Weighted, RBF – Radial Base Function, Kriging aj.), i když někteří autoři využili ve svých studiích metody globální interpolace založené na principu „klasické“ regresní analýzy (Griswold et al., 2011; Straus a Miranda-Moreno, 2013). Ne všechny metody ovšem poskytují přesné výsledky. Nevýhodou IDW i přes jednoduché zpracování je tvorba koncentricky uspořádaných hodnot od vstupních bodů (Di Piazza et al., 2011; Watson a Philip, 1985). Tuto nevýhodu odstraňuje metoda RBF, nicméně lépe vystihuje hladké povrchy generované z velkého počtu bodů (Johnston, 2001). Metody krigování jsou oproti předchozím metodám zase náročné na nastavení vhodných parametrů pro vystižení správného tvaru semivariogramu (Johnston, 2001; Krige, 1951).

2 Metody

Pro velký počet vstupních parametrů je plánování výstavby rozšířené sítě liniových komunikací (např. cyklostezek) složitým systémem, do kterého se promítá značná míra subjektivity. Vždy je ale potřeba mít na paměti, že méně znamená více. Snáze pak lze ve výsledku nalézt dominující kritéria, která ho ovlivňují. Z tohoto důvodu budou do celkového hodnocení vstupovat pouze tři kritéria: pohyb cyklistů, dominantní body zájmu cyklistů a charakter existující komunikace. Pro dosažení potřebných výsledků bylo využito trojice klíčových etap: sběr dat – analýza a vyhodnocení dat – interpretace výsledků (Obr. 1).

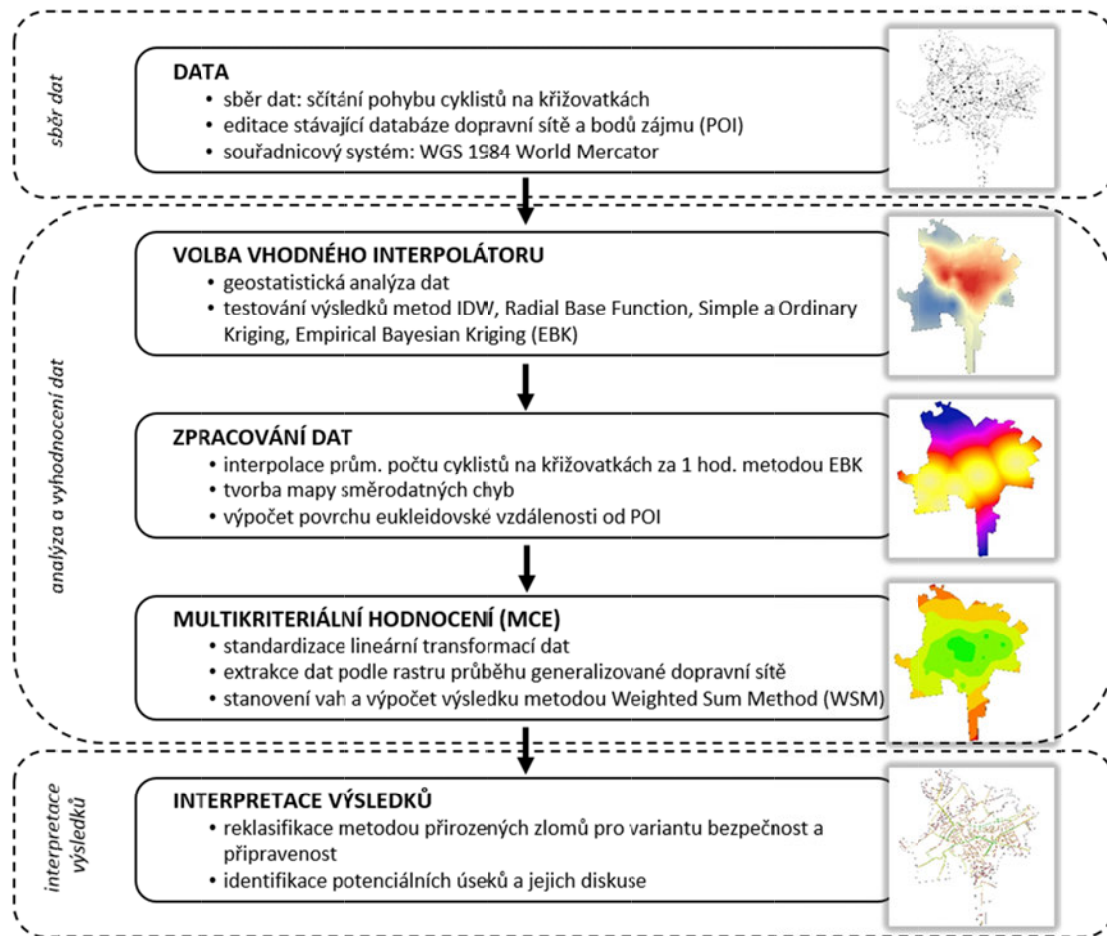
Sběr primárních dat probíhal formou sčítání pohybujících se cyklistů přes 30 předem vybraných sčítacích stanovišť (křižovatek), které byly vybrány na základě komunikace s Magistrátem města Přerova. Měření proběhlo ve dvou pracovních dnech vždy v úterý, a to 10.5. 2016 a 21.5. 2016. Metodika měření definovala sčítání jak dopoledne od 5:30 – 9:00, tak odpoledne od 14:00 – 17:00. Sčítači zaznamenávali vjezdy a výjezdy cyklistů na n -cestných křižovatkách, ze kterých se následně vypočítaly dílčí průměry. Realizovaným způsobem sčítání byly získány informace nejen o počtech pohybujících se cyklistů, ale i o intenzitě jednotlivých směrů. Kompletace vstupní databáze (silniční a uliční síť) byla řešena nad daty, které poskytl Magistrát města Přerova pro práci v měřítku 1:10 000, v programovém prostředí ArcGIS for Desktop 10.0. Další potřebná data (aktualizace liniové infrastruktury, body zájmu cyklistů, vrstva sčítacích stanovišť) byla digitalizována nad podkladovou mapovou službou Základní mapy ČR, jejímž provozovatelem je Český úřad zeměměřický a katastrální (ČÚZK). Další práce s daty probíhala v souřadnicovém systému WGS 1984 World Mercator, totožném s webovou mapovou službou ČÚZK.

Etapa analýzy a vyhodnocení dat zahrnovala identifikaci faktorů, respektive kritérií, která budou hodnocena. Pro účel této studie byly dále uvažovány **povrch odhadu pohybu cyklistů**, **mapa směrodatné chyby interpolovaného povrchu** a **eukleidovská vzdálenost od cyklisticky významných bodů zájmu** (POI – Points Of Interest). S ohledem na dva zamýšlené scénáře (bezpečnost provozu a vhodnost pro výstavbu) byly parametry dopravní sítě stanoveny jako váha.

Pro výběr vhodné interpolační metody byly testovány lokální, exaktní/aproximativní metody IDW, RBF, Simple Kriging, Ordinary Kriging a Empirical Bayesian Kriging. Při výběru vhodného interpolátora byla využita křížová validace s posuzovanými

statistickými parametry MPE (Mean Prediction Error), RMSPE (Root Mean Square Prediction Error),

Obr. 1: Etapy procesního zpracování dat



Zdroj: vlastní zpracování

RMSSPE (Root Mean Square Standardized Prediction Error) a ASE (Average Standard Error). Kromě predikčního povrchu byla výstupem z interpolace také mapa směrodatných chyb. Třetí vrstvu představoval vypočtený povrch eukleidovské vzdálenosti od POI. Aby další výpočet pracoval s daty vztahujícími se čistě k jednotlivým segmentům dopravní sítě, byly vstupní rastry vypočtenými hodnotami omezeny pouze v pixelech, kterými liniové segmenty probíhají. Standardizace dat byla následně realizována s využitím lineární metody rozpětí (min – max), kdy se s využitím výpočtu odlišily maximalizující (1) a minimalizující (2) kritéria:

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}}, (1)$$

$$x'_{ij} = \frac{x_j^{\max} - x_{ij}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}}, (2)$$

kde x'_{ij} je upravená hodnota pro i -tou variantu j -tého kritéria a x_{ij} je vstupní hodnota. Upravená (standardizovaná) hodnota nabývá velikosti 0 – 1. Pro dva zamýšlené scénáře byly nastaveny metodou pořadí (ranking method) odpovídající váhy. Uspořádaným kritériím jsou přiřazeny body $k, k-1, k-2, \dots, 1$. Nejdůležitějšímu kritériu připadá číslo k (k = počet kritérií), druhému $k-1$, nejméně důležitému kritériu číslo 1. Všeobecně je pak i -tému kritériu přiřazena hodnota b_i . Váhu v_i i -tého kritéria vypočteme podle (3):

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^k b_i}, \quad \sum_{i=1}^k b_i = \frac{k(k+1)}{2}, \quad (3)$$

Metodou váženého součtu (WSM – Weighted Sum Method) byl vypočítaný vážený výsledek – *WSM* (4) pro každý scénář.

$$WSM = v_i \sum_{j=1}^n b_j, \quad (4)$$

kde v_i představuje i -tou váhu a b_j standardizovanou hodnotu j -tého kritéria.

Vhodnější interpretace vypočtených hodnot vyžadovala reklasifikaci do odpovídajících intervalů s využitím algoritmu vícevrcholového rozdělení a porovnání se stávající situací.

3 Rozbor problému

Cyklodoprava je v Přerově vhodným druhem dopravy, což dokládá i nově vybudovaná cyklověž v místě městského dopravního uzlu (autobusové a vlakové nádraží). Pohyb cyklistů se uskutečňuje jak po značených cyklostezkách či cyklotrasách, tak mimo ně. Absence účinné a kompletní cyklistické infrastruktury vede k rozptýlení cyklistů po celém městě ve snaze si najít svou bezpečnou trasu. V Přerově a jeho místních částech bylo od roku 1993 do současnosti vybudováno více než 25 km cyklostezek a cyklistických jízdních pruhů, za posledních více jak 20 let bylo investováno jen z rozpočtu města cca 20 milionů Kč (Regionální agentura pro rozvoj střední Moravy, 2015). Podpora cyklostezek je také vyslovena ve Strategickém plánu územního a ekonomického rozvoje statutárního města Přerova pro období 2014-2020. Navíc se v současnosti vytváří Plán udržitelné městské mobility, který bude dopravu řešit komplexně ve vazbě na potřeby obyvatel, návštěvníků města a podnikatelské sféry s cílem zlepšit kvalitu života ve městě.

3.1 Odhad pohybu cyklistů

Pro interpolaci odhadu pohybu cyklistů byla využita data z měření na sčítacích stanovištích, která byla zprůměrována, získal se tak průměrný počet cyklistů za 1 hodinu. Pro výběr nejvhodnější interpolační metody bylo testováno 5 metod, u jejichž výsledků byly porovnány významné statistické parametry (Tab. 1).

Tab. 1: Validační parametry výsledků interpolačních metod

interpolační metoda	validační parametr				nastavení vnitřních parametrů modelu
	MPE	RMSPE	RMSSPE	ASE	
IDW	1,09	40,7	-	-	p = 3, kruhový tvar okolí, 8 sektorů
RBF	0,967	38,87	-	-	KF = Completely regularized spline, KP = 0,06
Simple kriging	2,206	31,89	0,906	34,661	transformace: Normal Score, lag size = 300, h = 12, 4 sekt.
Ordinary kriging	2,557	33,505	0,773	41,353	transformace: Log. transf., lag size = 140, h = 15, 4 sekt.
EBK	-0,38	31,85	0,957	32,801	transformace: Log. Empirical transf., 100 iterací, 1 sekt.

Zdroj: vlastní zpracování

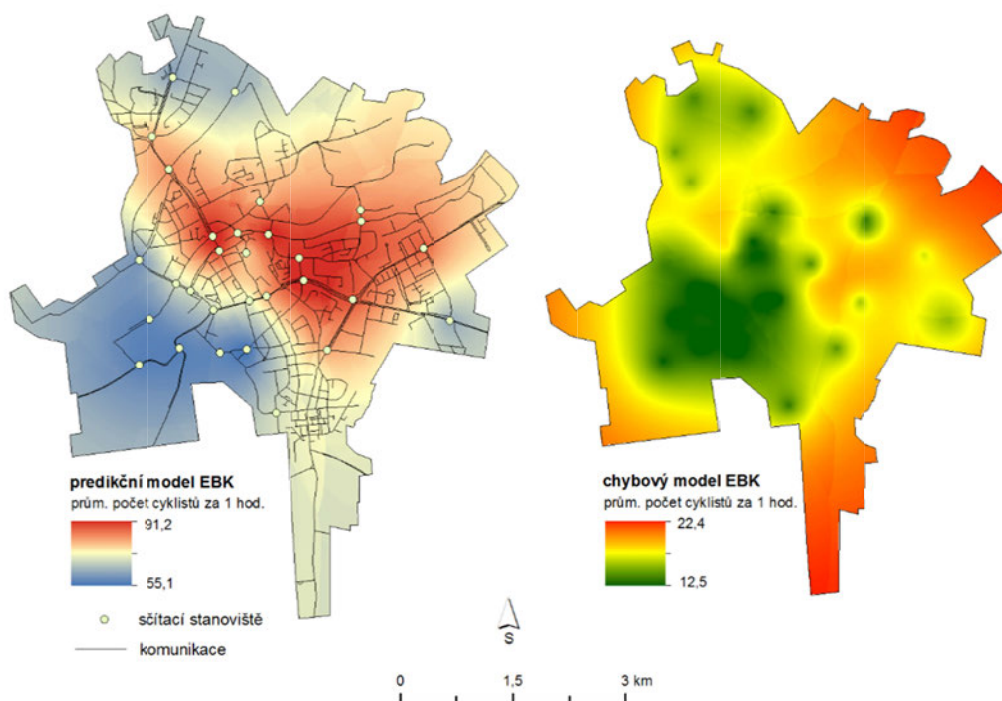
V případě metody IDW a RBF bylo nejdříve na základě rozdělení sledovaného souboru dat na zkušební a testovací vzorek (náhodně vybraných 25 % bodů) a následné validace

testovacího vzorku vyhodnoceno nejvhodnější nastavení vnitřních parametrů interpolátorů. U dalších metod se toto nastavení upravovalo během zadávání parametrů tak, aby bylo dosaženo co nejvhodnější podoby semivariogramu. Z porovnání validačních parametrů vyplývá, že nej přesnější metodou je metoda EBK (Tab. 1). Hodnota RMSPE by se měla v optimálním případě blížit 0 stejně jako hodnota ASE. Pokud platí, že

- $ASE \approx RMSPE$ – jde o vhodný model (vhodná variabilita predikovaných hodnot),
- $ASE > RMSPE$ – model nadhodnocuje variabilitu odhadnutých hodnot,
- $ASE < RMSPE$ – model podhodnocuje variabilitu odhadnutých hodnot (Johnston et al.,2001)

Ve sledovaném případě model mírně nadhodnocuje variabilitu odhadnutých hodnot, ale vzhledem k ostatním poskytuje nej přesnější odhad. Pokud nejsou k dispozici všechny sledované parametry, lze k porovnání využít hodnotu MPE, jejíž optimální hodnoty by se měly přibližovat k 0. I v tomto případě nejlépe vyhovuje model EBK. Z výsledků predikčního modelu (Obr. 2 vpravo) je vidět, že dle předpokladu jsou místa nejintenzivnějšího pohybu cyklistů odhadnuta v centru města s pozvolným poklesem směrem na východ (sídlo firmy Meopta) a méně pozvolným poklesem na jih (průmyslová zóna). Při severním (městská část Předmostí) a jihozápadním okraji (průmyslová zóna podniku Precheza a Dalkia) je pokles již více zřetelný. Pro zohlednění statistické chyby výpočtu byl vytvořen také chybový model (Obr. 2 vlevo). Největší chybu indikuje zejména v okrajových částech a ve východní polovině území mimo oblasti vstupních bodů. Přínos chybového modelu spočívá ve vyrovnání vyšší chybou zatíženého odhadu, jak tomu můžeme sledovat např. v jižním výběžku území.

Obr. 2: Predikce pohybu cyklistů metodou EBK



Zdroj: vlastní zpracování

3.2 Cyklisticky významné body zájmu

Záměrem sčítání pohybu cyklistů bylo určit intenzitu cyklistické dopravy v pracovních dnech. Významné body zájmu byly vybrány s předpokladem, že v těchto dnech cyklisté

směřují zejména do práce a k cílovým zdrojům služeb: obchodní centrum, cyklověž pro úschovu kol, areál důležitých zaměstnavatelů – Dalkia, Precheza, Meopta a areál bývalých přerovských strojíren. Ve zjednodušené podobě byl vypočítán povrch euklidovské vzdálenosti k těmto vybraným bodům, který má v konečném důsledku zvýhodnit ty komunikace, které budou blíže těmto bodům zájmu.

3.3 Identifikace vhodných segmentů dopravní sítě k rozvoji sítě cyklostezek

Vhodnost jednotlivých úseků byla realizována s využitím váženého součtu standardizovaných hodnot výše uvedených kritérií. Výpočet probíhal nad pixely, kterými posuzované segmenty dopravní sítě prochází a zahrnovala výběr pouze těch úseků, které mohou být k rozvoji cyklostezek aktuálně využity (silnice I., II. a III. třídy, úseky s parametry cyklostezek, residenční úseky a dále nerozlišené úseky). Chodníky s nevhodnými parametry, cesty pro zajištění, úseky rozdělené schodišti a úseky intenzivně využívané pro dopravu nákladních automobilů byly vyloučeny. Charakter těchto úseků posloužil ke stanovení vah pro variantu bezpečnost a připravenost metodou pořadí (Tab. 2).

Tab. 2: Stanovení vah metodou pořadí

kritéria	varianta: bezpečnost			varianta: připravenost		
	hodnota k	výpočet	váha	hodnota k	výpočet	váha
silnice I. tř.	1	1/56	0,02	4	10/35	0,285
silnice II. tř.	2	3/56	0,05	4	10/35	0,285
silnice III. tř.	3	6/56	0,11	3	6/35	0,17
residenční silnice	5	15/56	0,27	1	1/35	0,03
cyklostezky	6	21/56	0,37	5	15/35	0,43
nerozlišené	4	10/56	0,18	2	3/35	0,085

Zdroj: vlastní zpracování

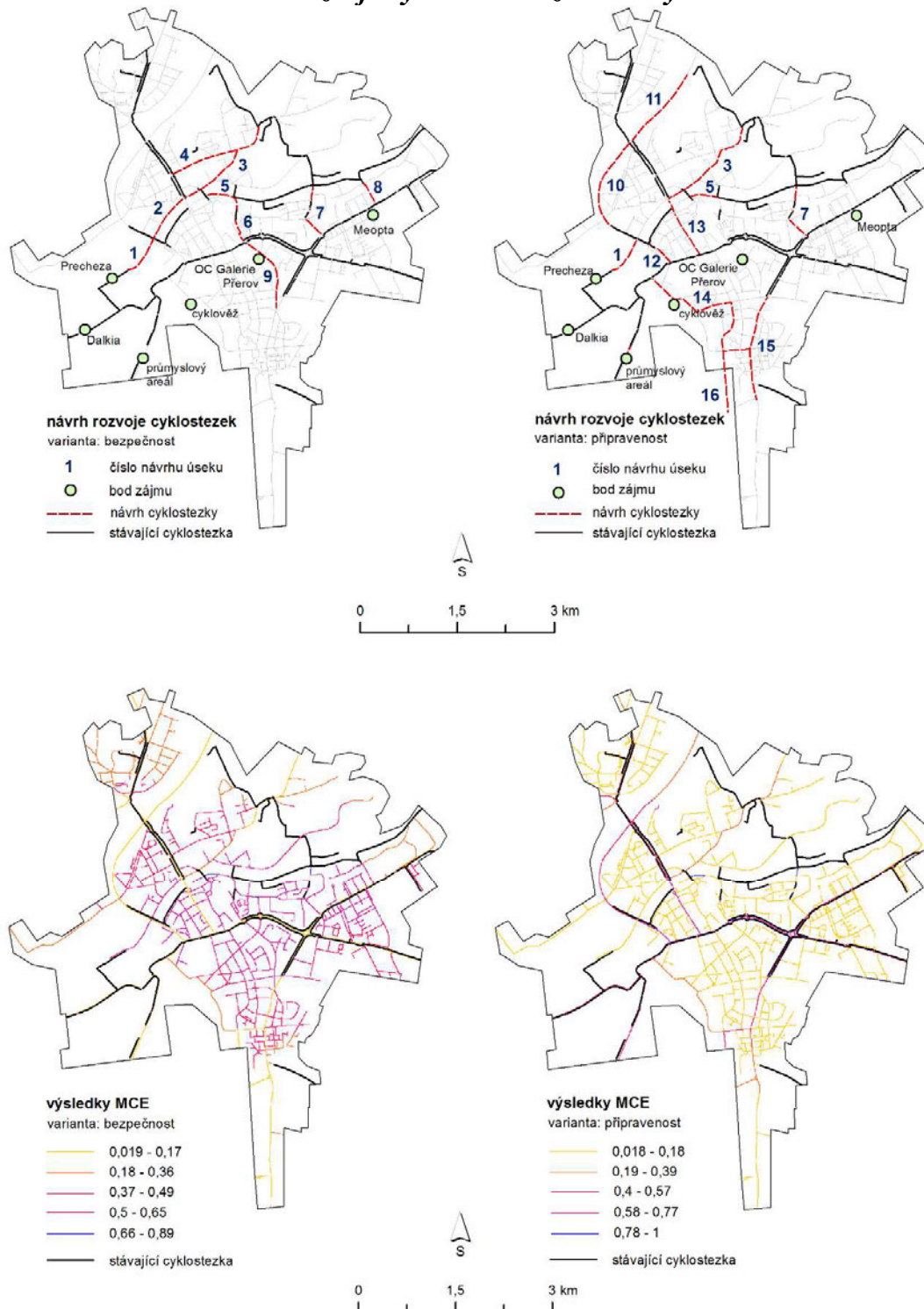
Varianta **bezpečnost** si klade za cíl identifikovat potenciál jednotlivých úseků z hlediska bezpečnosti jízdy, oproti tomu varianta **připravenost** zvýhodňuje úseky, které mohou být pro vymezení cyklostezek využity s nenákladnou úpravou (Cyklodoprava, 2015). Výsledky obou variant (Obr. 3) tak dokumentují analýzu citlivosti. Zatímco varianta **bezpečnost** zvýhodňuje úseky komunikací minimálně využívané automobilovou dopravou a zachovává spíše průmět plošné predikce pohybu cyklistů, varianta **připravenost** vychází z předpokladu úpravy dostupných komunikací. Návrhy obou scénářů byly zpracovány s ohledem na vytížení směrů na sčítacích stanovištích. V každém případě neposkytují vzešlé návrhy pro rozvoj cyklostezek 100% řešení ani v jedné z variant. Doporučením je z výsledků analýzy vycházet, ale ve výsledném rozhodnutí zohlednit vlastních zkušenosti a strategické záměry rozvoje.

4 Diskuze

Koncepce návrhu rozvoje cyklostezek včetně podkladových dat nezbytných pro jejich zpracování se mezi jednotlivými autory výrazně liší. Jako klíčový atribut je vnímán počet pohybujících se cyklistů, k jejichž odhadu lze využít jak regresní metody (Griswold et al., 2011; Straus a Miranda-Moreno, 2013), tak interpolační techniky. V případě omezeného počtu vstupních kritérií umožní správně zvolená interpolační metoda také odhadnout výskyt cyklistů. V kombinaci s dalšími dostupnými kritérii lze podkladová data analyzovat formou multikritériálního vyhodnocování, ačkoliv by se v případě liniové sítě nabízela síťová analýza. Ta ovšem zahrnuté atributy příliš nezohlední. Předkládaný způsob řešení je jistým kompromisním řešením celé situace. Je založeno na sběru primárních dat, plošném odhadu vstupních hodnot, zohlednění statistické chyby i implementaci spádových center (POI).

Získaný výsledek reflektuje výpočet přímo vztažený k místům průchodu uvažovaných úseků dopravní sítě a shodně jej pro možné porovnání reklasifikuje do pěti tříd s využitím algoritmu vícevrcholového rozdělení, i když v případě varianty bezpečnost nabývají hodnoty rozdělení blízké normálnímu rozdělení s vhodnější dělením využívajícím směrodatné odchylky. Vlastní návrhy úseků možného vedení cyklostezek pak vycházejí z vypočtených výsledků, ale zároveň zohledňují potřebu propojení stávajících úseků a umístění bodů zájmu (POI). Závěrečný výběr by bylo také možné kvantifikovat, ale v této fázi plánování a rozhodování je podstatnější zapojit předem stanovené zásady rozvoje městského regionu.

Obr. 3: Návrh rozvoje cyklotras na základě výsledků MCE



Zdroj: vlastní zpracování

Závěr

Výstavba cykloinfrastruktury je ve městě Přerově řešena již dlouhodobě. Z aktuálně dostupných studií není zřetelná jednoznačná metodika. Návrh faktorů, jednotlivých kritérií a jejich indikátorů včetně preferencí není možné s ohledem na konsenzuální shodu představitelů města předem stanovit. V mnohém by napomohla identifikace právě těch faktorů, které rozvoj cyklo dopravy ovlivňují. Vhodné je i zapojení participativního mapování, které zohlední požadavky občanů, a kvalitativně orientované studie, které umožní jednotlivé preference lépe vyhodnotit. Jak je patrné z příspěvku, řešení implementující prostorový aspekt, tedy zpracování v GIS, umožní rozhodovatelům detailnější a vizuálně přínosnější pohled do řešené problematiky a může tak usnadnit práci vyžadující prostorové plánování a rozhodování.

Reference

- Barnes, G., Krizek, K. (2005). Estimating Bicycling Demand. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1939(-1), s. 45-51. DOI: 10.3141/1939-06
- Bíl, M., Bílová, M., Kubeček, J. (2012). Unified GIS database on cycle tourism infrastructure. *Tourism Management*, 33(6), s. 1554-1561.
- Evropská komise (2011). Bílá kniha – Plán jednotného evropského dopravního prostoru – vytvoření konkurenceschopného dopravního systému účinně využívajícího zdroje.[online] Eur-lex. Dostupné na: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0144:FIN:CS:PDF>. [cit. 2016-10-13].
- Broach, J., Dill, J., Gliebe, J. (2012). Where do cyclists ride? A route choice model developer with revealed preference GPS data. *Transportation Research Part A*, 46, s. 1730-1740.
- Brüde, U., Larsson, J. (1993). Models for Predicting Accidents at Junctions Where Pedestrians and Cyclists are Involved. How Well Do They Fit?. *Accident Analysis and Prevention*, 25 (5), s. 499-509.
- Cardoso, O. D., García-Palomares, J. C., Gutiérrez J. (2012). Application of geographically weighted regression to the direct forecasting of transit ridership at station-level. *Applied Geography*, 34, s. 548-558.
- Státní fond dopravní infrastruktury (SFDI), (2013). Cyklostrategie 2013. [online] Cyklodoprava.cz. Dostupné na: <http://www.cyklodoprava.cz/finance/statni-fond-dopravni-infrastruktury> [cit. 2016-08-20].
- Di Piazza, A., Lo Conti, F., Noto, L. V., Viola, F., La Loggia, G. (2011). Comparative analysis of different techniques for spatial interpolation of rainfall data to create a serially complete monthly time series of precipitation for Sicily, Italy. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 13 (3), s. 396-408.
- Ministerstvo dopravy (MD), Centrum dopravního výzkumu (CDV), (2013). Dopravní politika ČR pro období 2014-2020 s výhledem do roku 2050. [online] Databáze-strategie.cz. Dostupné na: <https://www.databaze-strategie.cz/cz/md/strategie/dopravni-politika-cr-pro-obdobi-2014-2020-s-vyhledem-do-roku-2050>. [cit. 2016-10-13].
- Donkwook, L., Jinsul, K., Minsoo, H. (2014). Density Map Visualization for Overlapping Bicycle Trajectories. *Journal of Control and Automation*, 7 (3), s. 327-332.
- Esawey, M. E., (2014). Estimation of Annual Average Daily Bicycle Traffic Using Adjustment Factors. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2443, s. 106-114.
- Evans, J. E., Pratt, R. H., (2007). Transit Oriented Development. *TCRP Report 95, chapter 17*, s. 1 – 33.
- Griswold, J. B., Medury, A., Schneider, R. J. (2011). Pilot Models for Estimating Bicycle Intersection Volumes. [online] Safe transportation and education centre. Dostupné na: <http://escholarship.org/uc/item/380855q6>. [cit 2007-08-02].
- Johnston, K., Ver Hoef, J. M., Krivoruchko, K., Lucas, N. (2001). Using ArcGIS® Geostatistical Analyst. [online] Esri.com Dostupné na: http://downloads2.esri.com/support/documentation/ao_/Using_ArcGIS_Geostatistical_Analyst.pdf. [cit. 2016-08-20].

- Krige, D. G. (1951). A statistical approach to some basic mine valuation problems on the Witwatersrand. *The Journal of the Chemical, Metallurgical & Mining Society of South Africa*, 52 (6), s. 119–139.
- Landis, B. W., Vattikuti, V. R., Brannick, M. T. (1997). Real-time Human Perceptions: toward a Bicycle Level of Service. *Transportation Research Record*. 1578, s. 119-126.
- Larsen, J., Patterson, Z., El-Geneidy, A. (2013). Build it. But where? The use of geographic information systems in identifying locations for new cycling infrastructure. *International Journal of Sustainable Transportation*. 7 (4), s. 299-317.
- Lindsey, G., Nordback, K., Figliozzi, M. A. (2014). Institutionalizing Bicycle and Pedestrian Monitoring Programs in Three States: Progress and Challenges. [online] Dostupné na: http://www.pdx.edu/ibpi/sites/www.pdx.edu/ibpi/files/14-4181_in_Compendium.pdf, [cit. 2016-07-19].
- Lowry, M., McGrath, R., Cool, S., Cook, R., Skiles, M. (2013). Data Collection and Spatial Interpolation of Bicycle and Pedestrian Data. [online] Dostupné na: http://depts.washington.edu/pactrans/wp-content/uploads/2016/01/UI_KLK853_BikePed_FinalReport_Lowry.pdf. [cit. 2016-07-19].
- Lundberg, B., Weber, J. (2016). Non-motorized transport and university populations: an analysis of connectivity and network perceptions. *Journal of Transport Geography*, 39, s. 165-178.
- Máchová, R., Svítíl, J., Jirsová, H. (2009). Identifikace problematických míst pro cyklodopravu v Pardubicích. *Scientific papers of the University of Pardubice, Series D*, s.72-78
- MD (Ministerstvo dopravy) a CDV (Centrum dopravního výzkumu). (2013). Národní strategie rozvoje cyklistické dopravy. [online] Cyklodoprava.cz. Dostupné na: <http://www.cyklodoprava.cz/file/cyklostrategie-2013-final/>. [cit. 2016-08-20].
- Milakis, D., Athansopoulos, K. (2014). What about people in cycle network planning? Applying participative multicriteria GIS analysis in the case of the Athens metropolitan cycle network. *Journal of Transport Geography*, 35, s. 120-129.
- Úřad vlády ČR. (2014). Národní program reforem České republiky. [online] vlada.cz. Dostupné na: <https://www.vlada.cz/assets/evropske-zalezitosti/aktualne/NPR-2014.pdf>. [cit. 2016-10-13].
- Besip. (2011). Národní strategie bezpečnosti silničního provozu 2001-2020. Dostupné na: <http://www.ibesip.cz/cz/besip/strategieke-dokumenty/narodni-strategie-bezpecnosti-silnicniho-provozu/nsbsp-2011-2020>. [cit. 2016-10-13].
- Nordback, K., Marshall, W. E. and Janson, B. N. (2013). Development of Estimation Methodology for Bicycle and Pedestrian Volumes Based on Existing Counts. [online] Colorado Department of Transportation. Dostupné na: <http://www.coloradodot.info/programs/research/pdfs>. [cit. 2007-07-28].
- Nosal, T. (2014). Improving the accuracy of bicycle AADT estimation: temporal patterns, weather and bicycle AADT estimation methods. [online] McGill University Library. Dostupné na: http://digitool.library.mcgill.ca/webclient/StreamGate?folder_id=0&dvs=1472369098397~876&usePid1=true&usePid2=true, [cit. 2016-07-29].
- Ministerstvo pro místní rozvoj ČR (MMR ČR). (2015). Politika územního rozvoje České republiky. [online] strukturalni-fondy.cz. Dostupné na: <http://www.strukturalni-fondy.cz/getmedia/fcf05cb6-a4b9-4af8-ac00-896bfd1b7e32/Politika-uzemniho-rozvoje-aktualizace-c-1.pdf?ext=.pdf>. [cit. 2016-08-20]
- Porter, C., Suhrbier, J., Schwartz, W. L. (1999). Forecasting Bicycle and Pedestrian Travel State of the Practise and Research Needs. *Transportation Research Record*. 1674, s. 94-101.
- Regionální agentura pro rozvoj střední Moravy. (2015). Strategický plán územního a ekonomického rozvoje statutárního města Přerova pro období 2014-2020. [online] prerov.eu. Dostupné na: <http://www.prerov.eu/cs/magistrat/rozvoj-mesta/koncepce-studie-strategie/>. [cit. 2016-08-20].
- Roll, J. F., (2013). Bicycle Traffic Count Factoring: An Examination of National, State and Locally Derived Daily Extrapolation Factors. [online] Portland State University Library. Dostupné na: http://pdxscholar.library.pdx.edu/open_access_etds/998. [cit. 2016-08-02].
- Rose, G., Ahmed, F., Figliozzi, M. (2011). Quantifying and comparing the effects of weather on bicycle demand in Melbourne (Australia) and Portland (USA). [online] Monash University. Dostupné na: <http://arrow.monash.edu.au/vital/access/manager/Repository/monash:104737>. [cit. 2016-08-02].

- Rybarczyk, G., WU, C., (2010). Bicycle Facility Planning Using GIS and Multi-criteria Decision Analysis. *Applied Geography*. 30, s. 282-293.
- Shafizadeh, K., Niemeier D., (1997). Bicycle Journey-to-Work Travel Behavior Characteristics and Spatial Attributes. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 1578, s. 84-90.
- Schneider, R., Patten, R., Toole, J. (2005). Case Study Analysis of Pedestrian and Bicycle Data Collection in U. S. Communities. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1939, s. 77-90.
- Silverman, B. (1986). Density Estimation for Statistics and Data Analysis. [online] Dostupné na: <https://ned.ipac.caltech.edu/level5/March02/Silverman/paper.pdf>. [cit. 2016-17-11].
- Singh, Y., J., Fard, P., Zuidgeest M., Brussel M., Van Maarseveen, M. (2014). Measuring transit oriented development: a spatial multi criteria assessment approach for the City Region Arnhem and Nijmegen. *Journal of Transport Geography*, 35, s. 130-143.
- Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR (MPO ČR). (2010). Strategický rámec udržitelného rozvoje České republiky. [online] mpo.cz Dostupné na: <http://www.mpo.cz/dokument71639.html>. [cit. 2016-10-14].
- Strauss, J., Miranda-Moreno, L. F. (2013). Spatial Modeling of Bicycle Activity at Signalized Intersections. *The Journal of Transport and Land Use*, 6 (2), s. 47-58.
- Strauss, J., Miranda-Moreno, L. F., Morency, P. (2015): Mapping cyclist activity and injury risk in a network combining smartphone GPS data and bicycle counts. *Accident Analysis and Prevention*. 83, s. 132-142.
- Thomas, T., Jaarsma, R., Tutert, B. (2009). Temporal Variations of Bicycle Demand in the Netherlands: Influence of Weather on Cycling. [online] Dostupné na: <http://siliconvalleytrails.pbworks.com/f/Temporal+Variations+of+Bicycle+Demand+in+the+Netherlands+-+Influence+of+Weather+on+Cycling.pdf>. [cit 2016-07-23].
- Turner, S., Hottenstein, A., Shunk, G., (1999): Bicycle and pedestrian travel demand forecasting: Literature review. [online] Dostupné na: <http://d2dtl5nnlpfr0r.cloudfront.net/tti.tamu.edu/documents/1723-1.pdf>. [cit. 2016-07-19].
- Watson, D. F., Philip, G. M., (1985). A Refinement of Inverse Distance Weighted Interpolation. *Geoprocessing*, 2, s. 315-327.
- Xu, Y., Shaw, S., Fang, Z., Yin, L. (2016). Estimating Potential Demand of Bicycle Trips from Mobile Phone Data - An Anchor-Point Based Approach. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 5 (8), s. 131-154. 10.3390/ijgi5080131
- Zaki, M. H., Sayed, T., Cheung, A. (2007). Automated Collection of Cyclist Data Using Computer Vision Techniques. [online]. Dostupné na: <http://docs.trb.org/prp/13-0745.pdf>. [cit. 2016-07-19].
- Komise evropských společenství. (2007). Zelená kniha: Na cestě k nové kultuře městské mobility. [online]. Dostupné na: <http://www.mhd-zr.xf.cz/studie-i/zelkniha.pdf>. [cit. 2016-10-14].

Kontaktní adresa

doc. RNDr. Aleš Ruda, Ph.D.

Mgr. Ludmila Floková

Vysoká škola logistiky v Přerově, Katedra bakalářského studia

Palackého 1381/25, 750 02, Přerov, Česká republika

E-mail: ales.ruda@vslg.cz, ludmila.flokova@vslg.cz

Received: 01. 09. 2016

Reviewed: 22. 09. 2016, 07. 10. 2016

Approved for publication: 20. 03. 2017