

ITERATÍVNA METÓDA DASYMETRICKÉHO MAPOVANIA HUSTOTY ZAĽUDNENIA NA BÁZE EURÓPSKÝCH SLUŽIEB PRE MONITORING KRAJINY

Konštantín ROSINA, Pavol HURBÁNEK

An iterative method for dasymetric mapping of population density based on European land monitoring services

Abstract: European land monitoring services provide users with valuable spatial datasets at no cost. CORINE Land Cover (CLC) and Urban Atlas are among the best known ones. A more recent effort has been dedicated to the production of high resolution layers for five main land cover classes. One of these datasets is so-called soil sealing layer (SSL). It is a raster with 100 m cells containing values ranging from 0 to 100 percent of sealed (impervious) surface. SSL in combination with CLC can be used for dasymetric mapping of socio-economic variables. The paper presents a description of an iterative method for dasymetric mapping (spatial disaggregation) of population density in Slovakia and Austria in 2000 and 2006.

Keywords: dasymetric mapping, soil sealing, CORINE land cover, disaggregation, built-up area, population density, Slovakia, Austria

Úvod

Dôkladné poznanie rozmiestnenia obyvateľstva je potrebné pre mnohé oblasti ľudskej činnosti a stalo sa častým predmetom skúmania v geografickej literatúre. Aktuálny a presný odhad rozmiestnenia obyvateľstva má značný význam pre decíznu sféru, plánovanie využitia krajiny a pre lepšie pochopenie interakcií medzi rastom populácie a sociálnymi, ekonomickými alebo prírodnými podmienkami (Lu et al., 2006). Na potrebu kvalitných populačných geoinformačných databáz a systémov upozorňujú aj Kusendová a Paulovičová (2012). Príkladom aplikačných problémov vyžadujúcich podrobné populačné dáta sú napr. procesy priestorového plánovania dopravnej infraštruktúry, občianskej vybavenosti, geomarketing, hodnotenie rizík a negatívnych vplyvov na obyvateľstvo, tvorba scenárov krízového riadenia a zmiernovanie následkov prírodných alebo človekom spôsobených katastrof. Takéto problémy a množstvo ďalších podobných úloh sú každodennou súčasťou územného plánovania (Halás a Horňák, 2012). Cieľom príspevku je priblížiť dezagregačnú metódu, ktorá by mohla na Slovensku, prípadne v širšom európskom kontexte pomôcť suplovať chýbajúce cenzové údaje o rozmiestnení obyvateľstva s vysokým priestorovým rozlíšením. Na vylepšenie odhadu by mali byť použité pomocné priestorové dáta, ktoré sú voľne dostupné a výsledok by mal presnosťou prevyšovať doposiaľ existujúce dezagregované reprezentácie hustoty obyvateľstva dostupné pre skúmané územie.

1. Priestorová agregácia vs. dezagregácia

Tradične sú údaje o obyvateľstve a jeho charakteristikách, získavané najmä prostredníctvom cenzov, ktorých výstupom sú údaje agregované do sústavy štatistických územných jednotiek a kartografickou reprezentáciou sú kartogramy a kartodiagramy. Niektoré ich výhody a nevýhody opisujú Kusendová a Bačík (2005). Ide o priestorovo relatívne málo detailnú reprezentáciu.

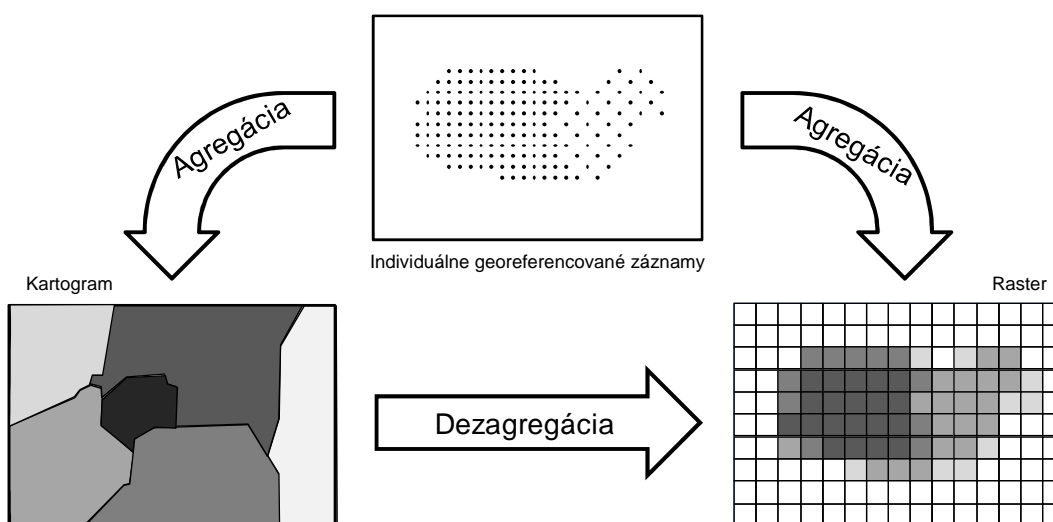
Mgr. Konštantín ROSINA, Geografický ústav SAV, Štefánikova 49, 814 73 Bratislava,
e-mail: konstantin.rosina@savba.sk

Mgr. Pavol HURBÁNEK, PhD., Katedra geografie, Pedagogická fakulta Katolíckej Univerzity v Ružomberku.
e-mail: pavolhurbanek@gmail.com

Veľkosť najmenších dostupných územných jednotiek je samozrejme v každej krajine iná, väčšinou však nedostatočná pre aplikácie načrtnuté v úvode. Spoločným znakom býva heterogénna veľkosť, nepravidelný tvar a premenlivosť týchto jednotiek v čase, čo komplikuje niektoré druhy výskumov a interpretáciu výsledkov priestorových analýz. V prípade Slovenska sú priestorovo najpodrobnejšou bežne dostupnou úrovňou populačných dát obce. Najväčšia obec je pritom svojou rozlohou viac ako 1000-krát väčšia v porovnaní s najmenšou obcou.

Tento spôsob reprezentácie je nedostatočný pre analytické i vizualizačné účely a je často kritizovaný (Openshaw a Taylor, 1981; Openshaw, 1983; Bracken a Martin, 1989; Goodchild et al., 1993; Langford a Unwin, 1994; Martin, 1996). Jedným z jeho hlavných nedostatkov je problém modifikovateľnej územnej jednotky, ktorý Openshaw (1983) opísal ako situáciu, keď modifikácia hraníc a miery agregácie údajov významne ovplyvní výsledok priestorovej analýzy dát. Pozorované priestorové štruktúry tak môžu byť do veľkej miery dané konkrétnou konfiguráciou hraníc použitých zón a zistené vzťahy pozorované medzi premennými sú platné iba pre daný spôsob agregácie dát (Martin, 1996).

Pre uvedené nedostatky a vzhľadom na potrebu podrobnejších dát mnohé krajiny pristúpili k zverejňovaniu výsledkov cenzov na báze pravidelných rastrov s rôznym priestorovým rozlíšením. Predpokladom takéhoto postupu je poznanie geografických súradníc individuálnych cenzových záznamov. Takéto georeferencované údaje potom môžu byť agregované do ľubovoľných územných jednotiek, t. j. aj do pravidelného rastra (obr. 1). Nevýhodou je, že treba dbať na dôvernosť údajov – ak majú niektoré z buniek príliš malý počet záznamov, dáta sú dodatočne upravované, aby nebolo možné získať údaje o jednotlivcoch.



Obr. 1 Schematické znázornenie priestorovej agregácie a dezagregácie dát

Druhou možnosťou je priestorová dezagregácia (angl. disaggregation, downscaling) z existujúcich demografických údajov (napr. za obce) do podrobnejšieho systému jednotiek, napr. buniek pravidelného rastra. Na tento účel bolo vyvinutých mnoho dezagregačných metód. Spravidla lepšie výsledky dosahujú dazymetrické metódy, ktoré na spresnenie odhadu využívajú pomocné priestorové dáta (napr. mapy využitia krajiny), než jednoduché metódy, ktoré sa spoliehajú na rôzne interpolačné techniky bez využitia pomocných dát, čo vyplýva z niektorých štúdií porovnávajúcich presnosť viacerých metód (Fisher a Langford, 1995; Cockings et al., 1997; Mrozinski a Cromley, 1999).

Priestorová dezagregácia je vo svojej podstate odhadom, takže jej výsledky nikdy nebudú v úplnej zhode s realitou. Napriek tomu niektoré existujúce produkty dokazujú, že je možné dospieť ku vcelku uspokojivým výsledkom. Väčšina prác zaoberajúcich sa metódami priestorovej

dezagregácie pracovala iba s malým záujmovým územím. Príkladmi produktov, ktoré sú spracované pre väčšie územia, sú globálna rastrová databáza hustoty zaľudnenia s rozlíšením 30 sekúnd – LandScan (Dobson et al., 2000) a Európska rastrová databáza hustoty zaľudnenia s priestorovým rozlíšením 100 m (EEA, 2009) vytvorená v Spoločnom výskumnom centre (JRC) Európskej komisie (Gallego, 2010).

Druhý z uvedených produktov (ďalej iba PDG EU – Population Density Grid of the EU) je vyvíjaný od roku 2000 J. Gallegom a momentálne je dostupný vo svojej piatej verzii. Referenčným rokom pri ostatných štyroch verziách PDG EU je 2000. Vďaka tomu, že je bezplatne dostupný pre celú EÚ, bol aplikovaný vo viacerých štúdiách, napr. na odhad rozsahu škôd spôsobených povodňami (Tralli et al., 2005) a na dopad hluku na obyvateľstvo bývajúce v okolí letísk (Vinkx a Visse, 2008).

Novším európskym produktom vyvinutým na Rakúskom technologickom inštitúte (AIT) je AIT grid, ktorý využíva SSL (celoeurópsky raster nepriepustnosti povrchu dostupný z EEA, 2010) ako primárny zdroj pomocných údajov pre dezagregáciu. Vzťahuje sa ku roku 2006 a je dostupný bezplatne pre krajiny EÚ a EFTA zo stránky Európskeho fóra pre geoštatistiku (EFGS). Okrem SSL bola využitá aj dátová vrstva CLC (2006) a údaje o cestnej a železničnej sieti z projektu OpenStreetMap, obe za účelom odstránenia nerezidenčných zastavaných plôch zachytených v SSL (Steinocher et al., 2011).

2. Dáta, validácia a skúmané územie

Vymedzenie skúmaného územia je podmienené dostupnosťou vhodných údajov. Dezagregácia, ako taká, vyžaduje údaje za zdrojové priestorové jednotky (obvykle bežné administratívne/statistické územné jednotky – podobne ako v prípade PDG EU a AIT grid budú využité obce), konkrétne o počte obyvateľov a o priebehu hraníc týchto jednotiek a pomocné priestorové údaje. Pritom je žiaduce, aby sa všetky použité údaje viazali k tomu istému časovému horizontu. Ako pomocné dáta sú použité CLC (dostupné pre rok 2000 a 2006) a SSL (rok 2006). CLC je kategorická mapa so 44 triedami, odvodená vizuálnou interpretáciou satelitných snímok, pričom minimálna mapovacia jednotka (MMJ) bola 25 ha. SSL 2006 (EEA, 2010) bolo vytvorené poloautomatickou klasifikáciou a ďalším spracovaním celoeurópskej satelitnej mozaiky IMAGE2006 s rozlíšením 20 m. Rozlíšenie SSL je 100 m a každá bunka rastra má hodnotu v intervale 0 – 100 %. Ide teda o kontinuálnu reprezentáciu miery nepriepustnosti (príp. zastavanosti) povrchu. Za predpokladu, že SSL úplne presne reprezentuje realitu, teoreticky už 1 ár zastavanej plochy by mal byť zaznamenaný ako hodnota 1 % príslušnej 100 × 100 m bunky. Takáto presnosť obvyčajne v praxi nie je dosiahnuteľná u dát odvodených z diaľkového prieskumu Zeme pri uvedených hodnotách priestorového rozlíšenia (bližšie o presnosti SSL pojednávajú napr. Hurbánek et al., 2010a). V každom prípade je SSL schopné zachytiť podstatne menšie sídelné areály v porovnaní s CLC. Obcí, ktoré majú iba nulové bunky SSL je na Slovensku 0,7 % (výrazne menej ako 15 % obcí s chýbajúcou triedou CLC umelé povrchy).

Ako uvádzajú Rosina et al. (2012), istou nevýhodou SSL je, že vysoký stupeň zastavanosti majú všetky plochy pokryté umelým materiálom - aj parkoviská, letiská, ale tiež budovy skladov, priemyslu a obchodu a pod., hoci majú z hľadiska rezidenčnej populácie zväčša nulovú, príp. len veľmi nízku hustotu zaľudnenia. CLC obsahuje niektoré triedy odrážajúce využitie krajiny človekom (napr. trieda 121 plochy priemyslu a obchodu alebo 124 letiská), ktoré umožňujú čiastočne odlíšiť nerezidenčné zastavané plochy od rezidenčných. Hoci limitom je relatívne veľká MMJ CLC, je zrejmé, že pri použití SSL spolu s CLC prichádza ku vzájomnej kompenzácii ich nedostatkov. Myšlienka integrácie údajov o stupni zastavanosti a krajinnej pokrývke za účelom dezagregácie nie je v geografickej literatúre úplne nová, podobný prístup už testovali Lu et al. (2006) a Steinocher et al. (2010).

Pri aplikácii dezagregácie vzniká potreba overiť správnosť, resp. hodnotiť presnosť získaných odhadov (t. j. validovať ich) prostredníctvom porovnania so skutočnými (referenčnými) hodnotami. Optimálnym spôsobom validácie je porovnanie odhadnutých hodnôt za cieľové jednotky (100 m bunky rastra) so skutočnými hodnotami za tie isté jednotky. Ak skutočné hodnoty za cieľové jednotky nie sú známe, je potrebné uskutočniť validáciu pomocou iných územných jednotiek. V prípade výsledkov pyknofylaktických dezagregačných metód (pozri časť „Použitá metóda“) by nemalo zmysel použiť na validáciu zdrojové jednotky, a ani jednotky vytvorené ich skladaním

(nakoľko z princípu metódy sú odhady za zdrojové jednotky vždy rovné skutočným hodnotám). Ako validačné jednotky je potom vhodné použiť také územné jednotky: (1) ktorých priebeh hraníc je čo možno najodlišnejší od priebehu hraníc zdrojových jednotiek, (2) ktoré možno vyskladať relatívne bezo zvyšku z cieľových jednotiek (t. j. sú väčšie ako cieľové jednotky) a (3) ktoré sú najvyššie tak veľké ako zdrojové jednotky (čím sú menšie tým „prísnejšia“ je validácia). Opäť je pritom žiaduce, aby sa referenčné údaje viazali k tomu istému časovému horizontu ako zdrojové údaje, a teda aj dezagregované odhady.

Cieľom validácie je kvantifikácia odchýlok odhadov od skutočných hodnôt, t. j. chýb odhadov. Keďže odlišné nastavenie parametrov dezagregačnej metódy môže viesť k rôznym odhadom, výsledkom môže byť viacero variantných riešení. Odhady každého z variantov je možné podrobiť validácii s tou istou referenčnou databázou. Týmto spôsobom je možné navzájom porovnať presnosť jednotlivých variantov. V prípade, že k tomu istému časovému horizontu je dostupný aj iný dezagregovaný produkt (komparačná databáza), jeho validáciou s tou istou referenčnou databázou je potom možné porovnať presnosť jednotlivých variantov s presnosťou tohto produktu.

Zosúladenie potrebných zdrojov dát tak, aby sa vzťahovali k tomu istému okamihu je v prípade Slovenska veľmi problematické. Jediný systém priestorových jednotiek so známymi skutočnými počtami obyvateľov, podrobnejší ako obce, sú základné sídelné jednotky (ZSJ), za ktoré sú dostupné iba údaje z cenzu k 26. máju 2001. Ak by sme zanedbali skutočnosť, že SSL sa vzťahuje k roku 2006 a použili ho spolu s CLC 2000 na dezagregáciu údajov z cenzu 2001 z úrovne obcí, bolo by možné vykonať validáciu pomocou ZSJ, hoci cca 2/3 obcí pozostávajú iba z jedinej ZSJ, a preto by bola validovaná de facto iba zvyšná 1/3 obcí. Problematická by bola aj komparačná databáza. AIT grid je dezagregovaný z údajov za rok 2006. PDG EU je dezagregovaný z údajov okolo roku 2000, za SR nie sú však použité údaje z cenzu, ale údaje z registra obyvateľov k 31. 12. 2000, takže korektná validácia PDG EU na báze ZSJ nie je možná. Preto sa javilo vhodné rozšíriť skúmané územie o ďalšiu krajinu, kde sú dostupné adekvátnejšie dáta.

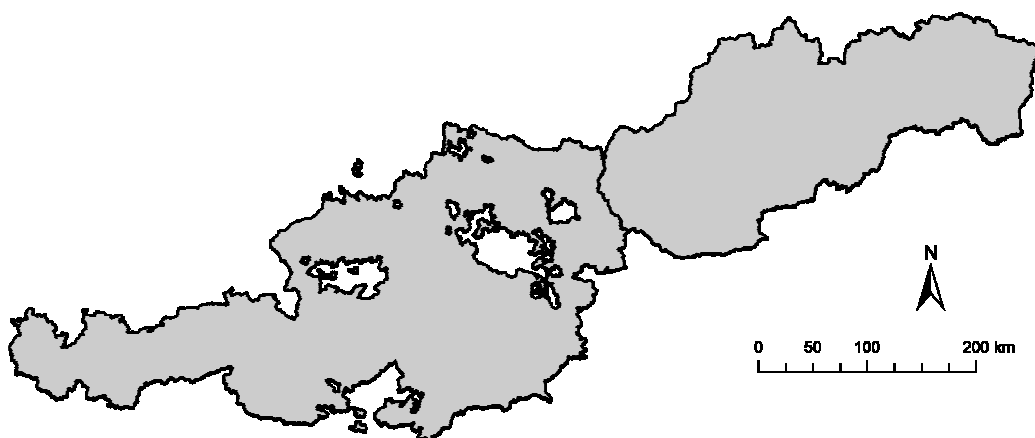
Zo susedných krajín sú najvhodnejšie dáta dostupné v Rakúsku. V rámci projektu GeoStat je možné získať pre územie Rakúska skutočné počty obyvateľov zo skúšobného cenzu v roku 2006 za bunky rastra s priestorovým rozlíšením 1 km. Raster projektu GeoStat je podobne ako CLC a SSL definovaný na báze európskeho súradnicového systému ETRS-LAEA (Lambertova azimutálna rovníkoplošná projekcia z geodetického dátumu ETRS 1989), čo umožňuje jeho priame použitie na podrobnú a korektnú validáciu dezagregovaných produktov za Rakúsko. AIT grid poskytuje dezagregované počty obyvateľov za rok 2006 na báze totožného rastra s priestorovým rozlíšením 1 km, takže je možné ho použiť ako komparačnú databázu. Pomocné priestorové údaje (CLC a SSL) v tom istom súradnicovom systéme sú rovnako dostupné za rok 2006. Za Rakúsko sú tiež dostupné počty obyvateľov za rok 2000 na báze rastra s priestorovým rozlíšením 10 km v súradnicovom systéme MGI Austria Lambert, čo umožňuje validáciu dezagregovaných údajov za rok 2000 (ak zanedbáme skutočnosť, že referenčný rok pre SSL je 2006) a komparáciu s PDG EU.

Z dôvodu validácie a komparácie výsledkov preto skúmané územie zahŕňa okrem Slovenska aj Rakúsko. Vylúčené sú tie obce Rakúska, ktoré obsahujú neklasifikované bunky SSL (prítomnosť oblakov na zdrojových satelitných snímkach), ako aj mesto Viedeň, ktoré je zároveň jednotkou NUTS 3, kde opísaná metóda ladenia koeficientov nemôže byť v danom prípade použitá (obr. 2).

Hoci by sa mohlo zdať, že vzhľadom na relatívne (v porovnaní so Slovenskom) rozdrobenú sídelnú štruktúru Rakúska, ako veľmi hornatej krajiny, bude SSL s ťažkosťami identifikovať zastavané plochy v niektorých oblastiach, predbežná validácia SSL ukázala, že presnosť SSL je vyššia v Rakúsku ako na Slovensku zrejme v dôsledku rozdielných poskytovateľov dát pre každú z krajín (Hurbánek et al., 2010b).

3. Použitá metóda

Využitá metóda je modifikáciou metódy navrhutej Gallegom a Peedellom (2001), ktorá bola využitá pri tvorbe prvej verzie PDG EU. Ide o pyknofylaktickú metódu (Tobler, 1979), tzn. že súčet hodnôt všetkých cieľových buniek reprezentujúcich určitú zdrojovú zónu (v tomto prípade obec) sa rovná skutočnému počtu obyvateľov danej obce.



Obr. 2 Skúmané územie

Keďže podrobný popis mechanizmu modifikovanej metódy bol už publikovaný (Rosina et al., 2012), uvádzame iba zjednodušenú charakteristiku. Skúmané územie bolo rozdelené do buniek 100×100 m identických s európskym rastrom založeným na súradnicovom systéme ETRS-LAEA. Legenda CLC, ktorá má pôvodne 44 tried, bola zoskupená do 17 tried podľa Gallega a Pedella (2001). V každej z pôvodných 44 tried, ktoré boli zoskupené do jednej novovytvorenej triedy, sa predpokladala podobná hustota zaľudnenia. Pre každú z buniek na území Slovenska bola zaznamenaná príslušnosť k obci, jednej zo 17 tried CLC a hodnota SSL. Následne boli prijaté základné zjednodušujúce predpoklady:

1. údaje využité pre dezagregáciu odrážajú objektívnu realitu s dostatočnou presnosťou,
2. obyvateľstvo môže byť lokalizované výlučne v zastavaných plochách; za rozlohu zastavanej (t. j. potenciálne obývatelnej) plochy v 100 m bunke rastra v hektároch sa považuje jej hodnota SSL ($0 - 100$) vydelená 100 , napr. rozloha zastavanej plochy v bunke s hodnotou SSL 20 bude $0,2$ ha,
3. hustota zaľudnenia zastavaných plôch je rovnaká v každej unikátnej kombinácii obce a triedy CLC,
4. pomer hustôt zaľudnenia zastavaných plôch v každej unikátnej dvojici tried CLC je konštantný pre všetky obce v určitom zoskupení obcí (regióne).

Využitá iteratívna metóda je založená na postupnom hľadaní koeficientov hustoty zaľudnenia U_c , pri ktorých je nezhoda medzi skutočnými a odhadovanými dátami minimálna. Koeficienty U_c vyjadrujú pomery hustoty zaľudnenia zastavaných plôch medzi jednotlivými triedami CLC. Ako však zistiť aká je nezhoda medzi skutočnými a odhadovanými dátami, ak nemáme k dispozícii podrobnejšie skutočné údaje ako tie za zdrojové jednotky – obce (s výnimkou jednotiek, ktoré sú vyhradené na validáciu a nemali by preto byť využité v samotnej dezagregácii)?

Načrtnutý problém použitá metóda obchádza tak, že najskôr sa odhadujú koeficienty nie pre samotné zdrojové jednotky (obce), ale pre určité zoskupenia obcí (regióny). Z výsledného rastra sa vypočítajú odhady hodnôt za obce, porovnajú sa so skutočnými údajmi a podľa ukazovateľov nezhody sa upraví koeficienty a celý postup sa opakuje, kým sa hodnoty koeficientov neustália. Takto stanovené koeficienty sa potom využijú na dezagregáciu z dát za obce tak, aby bola zachovaná pyknofylaktická vlastnosť. Preto majú následne všetky obce v rámci jedného regiónu rovnaké koeficienty U_c (zjednodušujúci predpoklad č. 4). Tento prístup vyžaduje arbitrálne zvolenie určitých územných jednotiek do úlohy regiónov. Gallego a Peedell využili jednotky NUTS 2 pre dezagregáciu na úrovni celej EÚ. Slovensko pozostáva iba zo štyroch NUTS 2 jednotiek, takže by vznikol práve taký počet sérií koeficientov, čo možno pokladať za nedostatočnú variabilitu. Preto sme testovali dva rôzne systémy regiónov – 8 regiónov NUTS 3 a 51 funkčných mestských regiónov FMR-A (Bezák, 2000). Pre Rakúsko boli využité jednotky NUTS 3.

Stále však ostáva výber optimálneho systému regiónov otvorenou otázkou a predmetom ďalšieho bádania. Má opodstatnenie predstava, že pomery hustôt zaľudnenia pre jednotlivé triedy CLC sú relatívne podobné pre všetky obce v tej istej jednotke NUTS alebo funkčnom regióne? Riešením do budúcnosti by mohlo byť vytvorenie ad-hoc regiónov. Na účel ladenia koeficientov dokonca nie je potrebné, aby takéto „regióny“ boli priestorovo kompaktné. Regióny by mohli byť napr. koncipované ako klastre obcí v n-rozmernom priestore, takže za región by boli považované napr. obce s podobnou kompozíciou krajinnej pokrývky alebo ďalšími kľúčovými vlastnosťami ako počet obyvateľov alebo podiel zastavaných plôch.

4. Výsledky

Vzhľadom na obmedzenia vyplývajúce z dostupnosti dát o zdrojových jednotkách, pomocných dát, validačných dát a komparačných dát bola nakoniec dezagregácia, validácia a komparácia uskutočnená nasledovne.

Za Slovensko boli dezagregované údaje o počte obyvateľov za obce k 31.12.2000 (aby bolo porovnanie presnosti s PDG EU nezaujaté), ako pomocné údaje boli využité CLC (2000) a SSL (2006). Na validáciu boli použité cenzové údaje za ZSJ. Ako indikátor presnosti bola použitá suma absolútnych chýb (SAE) za jednotlivé validačné jednotky. Z dvanástich testovaných parametrizačných metód bola v šiestich prípadoch SAE nižšia v porovnaní s PDG EU. V najlepšom prípade bolo zaznamenané zníženie tohto indikátora o 4 % v porovnaní s PDG EU. Podrobnejšie výsledky sú publikované v príspevku Rosinu et al. (2012). Zlepšenie sa podľa očakávaní prejavilo vo vidieckych oblastiach s rozptýleným osídlením, kde iba pomocou CLC nebolo možné zachytiť presnejšie osídlenie, keďže sídelné areály sú tu spravidla menšie ako 25 ha. Na obr. 3 až 5 je znázornená hustota zaľudnenia Bratislavy a jej okolia v 3D (pohľad zo severovýchodu), najskôr ako kartogram (homogénne rozmiestnenie v rámci zdrojových jednotiek), potom ako PDG EU a následne ako raster vytvorený dezagregáciou na základe SSL a CLC. Je tu vidieť, že CLC hrá významnú úlohu v odlišení nerezidenčných zastavaných plôch (diaľnica, letisko), ktoré tak nadobudli relatívne nízku hustotu zaľudnenia (napriek ich vysokej miere zastavanosti).

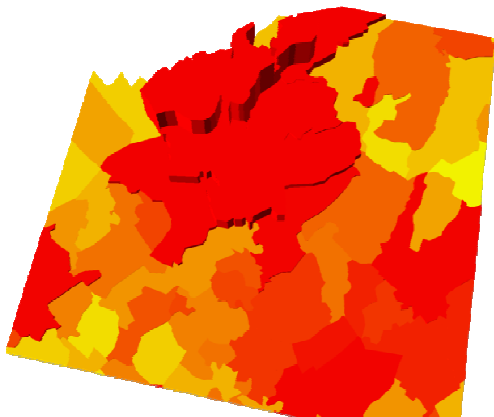
Za Rakúsko boli dezagregované údaje o počte obyvateľov za obce:

a) zo skúšobného cenzu v roku 2006, pričom ako pomocné údaje boli využité CLC (2006) a SSL (2006), validácia bola vykonaná pomocou skutočných hodnôt zo skúšobného cenzu 2006 za bunky rastra na dvoch úrovniach priestorového rozlíšenia (1 km a 10 km bunky v súradnicovom systéme ETRS-LAEA) a ako porovnávací databáza bol využitý dezagregovaný AIT grid (za rok 2006). Výsledky (tab. 1) ukázali, že z troch testovaných parametrizačných metód ani jedna nedosiahla nižšiu hodnotu SAE ako AIT grid ani na jednej z dvoch mierok použitých pri validácii;

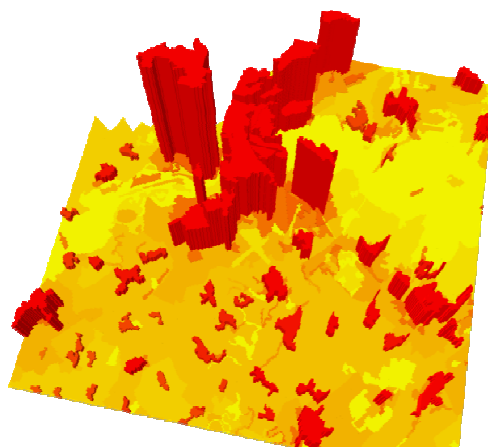
b) z cenzu v roku 2001, pričom ako pomocné údaje boli využité CLC (2000) a SSL (2006), validácia bola vykonaná pomocou skutočných hodnôt z cenzu 2001 za 10 km bunky rastra založeného na súradnicovom systéme MGI Austria Lambert a pre porovnanie bol využitý PDG EU (v prípade Rakúska založený na údajoch z cenzu 2001). Testovaná bola iba jedna parametrizačná metóda, pričom bola zaznamenaná hodnota SAE o 13 % nižšia v porovnaní s PDG EU (tab. 1).

Tab. 1 Výsledky validácie za Rakúsko

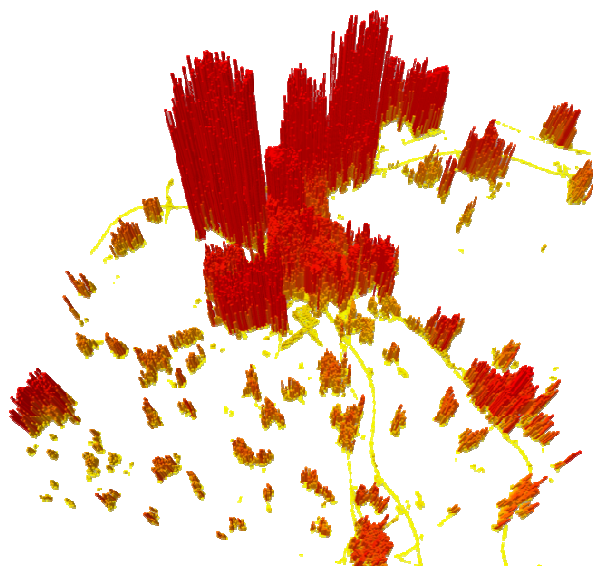
Rok	Validačné jednotky	Zdroj validačných dát	Komparačná databáza	SAE komparačnej databázy	SAE ~ 40. iterácia	SAE ~ 80. iterácia	SAE ~ 600. iterácia
2001	10 km bunky rastra (MGI Austria Lambert)	Statistics Austria	PDG EU (verzia 5)	258 943	–	225 012	–
2006	1 km bunky (ETRS-LAEA)	GeoStat project	AIT grid	2 032 987	2 592 965	2 608 090	2 685 730
2006	10 km bunky (ETRS-LAEA)	GeoStat project	AIT grid	196 892	274 256	267 618	259 070



Obr. 3 3D znázornenie kartogramu



Obr. 4 3D znázornenie PDG EU



Obr. 5 3D znázornenie výsledného rastra vytvoreného kombináciou CLC a SSL

Záver

Skutočnosť, že polovica z testovaných parametrizácií priestorovej dezagregácie na území Slovenska za rok 2000 dosiahla menšiu odchýlku od validačnej databázy, ako najlepší podobný produkt dostupný pre daný rok (PDG EU) možno považovať za povzbudivú, na druhej strane však zníženie použitého indikátora (SAE) približne o 4 % nie je uspokojivé. Takáto miera zlepšenia odhadu nenaplnila očakávania, že informačná hodnota SSL bude výrazným prínosom. Okrem nedostatkov použitej metódy a použitej validačnej databázy (systém ZSJ) môže byť na príčine aj nedostatočná kvalita použitých pomocných dát. Hurbánek et al. (2010a) a Rosina (2010) poukazovali na relatívne nízku presnosť SSL na území Slovenska v porovnaní s niektorými ďalšími krajinami (napr. Rakúsko). Z tohto pohľadu je zaujímavé a povzbudivé zistenie, že pri dezagregácii údajov za rok 2001 na území Rakúska bolo zistené zlepšenie o 13 % v porovnaní s PDG EÚ.

Dobrá dostupnosť potrebných dát za rok 2006 v Rakúsku umožnila ďalšiu dezagregáciu pre tento referenčný rok ako aj rigoróznou validáciu pomocou skutočných údajov za viac ako 70 000 validačných jednotiek – 1 km buniek rastra (a tiež pomocou menej podrobného 10 km rastra). Pri porovnaní s existujúcim dezagregovaným produktom za rok 2006 (AIT grid) bola zistená približne o štvrtinu vyššia hodnota sumy absolútnych chýb pri všetkých testovaných parametrizáciách. Pri tvorbe AIT gridu však boli okrem SSL a CLC využité aj údaje o cestnej a železničnej sieti z projektu OpenStreetMap, preto vyššia presnosť tohto produktu nie je až taká prekvapivá.

Uvedené výsledky naznačujú, že existuje ďalší potenciál pre zlepšenie použitej metódy dezagregácie. Jednou z ciest by mohlo byť využitie špeciálne navrhnutých zoskupení obcí namiesto existujúcich regionálnych systémov (napr. NUTS) v procese iteratívneho ladenia koeficientov hustoty zaľudnenia. Inou cestou je využitie ďalších pomocných dátových vrstiev, ktoré obvykle prináša zlepšenie presnosti (ako vyplýva aj z výsledkov tohto výskumu). Kvalita (resp. presnosť) použitých pomocných dát môže výrazne ovplyvniť výsledok priestorovej dezagregácie, preto je potrebné venovať pozornosť jej hodnoteniu.

Príspevok je jedným z výstupov dosiahnutých riešením vedeckého projektu VEGA č. 2/0018/10 „Časovo-priestorová analýza využívania krajiny: hodnotenie dynamiky zmien, fragmentácie a stability aplikáciou dátových vrstiev CORINE land cover“ na Geografickom ústave SAV a projektu č. 3/03/2012 podporeného Grantovou agentúrou Pedagogickej fakulty Katolíckej univerzity v Ružomberku.

Literatúra

- BEZÁK, A. (2000). Funkčné mestské regióny na Slovensku. *Geographia Slovaca*, 15, s. 1-89.
- BRACKEN, I., MARTIN, D. (1989). The generation of spatial population distributions from census centroid data. *Environment and Planning A*, 21, pp. 537-43.
- COCKINGS, S., FISHER, P. F., LANGFORD, M. (1997). Parameterization and visualization of the errors in areal interpolation. *Geographical Analysis*, 29, pp. 314-328.
- DOBSON, J. E., BRIGHT, E. A., COLEMAN, P. R., DURFEE, R. C., WORLEY, B. (2000). LandScan: A global population database for estimating populations at risk. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 66(7), pp. 849-857.
- EEA (2009). *Population density disaggregated with Corine land cover 2000* [online]. [cit. 2012-08-22]. Dostupné na: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/ds_resolveuid/F6907877-C585-45DE-B93F-E7FC0975DE2A>
- EEA (2010). *EEA Fast Track Service Precursor on Land Monitoring - Degree of soil sealing 100 m*. [online]. [cit. 2012-08-22]. Dostupné na: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/ds_resolveuid/57ecd963002327759d99a3f2d1e1dfe1>
- FISHER, P. F., LANGFORD, M. (1995). Modelling the errors in areal interpolation between zonal systems by Monte Carlo Simulation. *Environment Planning A*, 27, 211-224.
- GALLEGO, J. (2010). A population density grid of the European Union. *Population and Environment*, 31, 6, pp. 460-473.
- GALLEGO, J., PEEDELL, S. (2001). Using CORINE Land Cover to map population density. *Towards Agri-environmental indicators*. Topic report 6/2001 European Environment Agency, Copenhagen, 92-103.
- GOODCHILD, M., ANSELIN, L., DEICHMANN, U. (1993). A framework for the areal interpolation of socioeconomic data. *Environment and Planning A*, 25, pp. 383-397.
- HALÁS, M., HORŇÁK, M. (2012). *Územné plánovanie pre geografov*. (v tlači).
- HURBANEK, P., ATKINSON, P. M., CHOCKALINGAM, J., PAZUR, R., ROSINA, K. (2010a). Accuracy of Built-up Area Mapping in Europe at Varying Scales and Thresholds. In *Accuracy 2010: proceedings of the Ninth International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences*. Leicester, 385-388 (University of Leicester).
- HURBÁNEK, P., ATKINSON, P. M., ROSINA, K., PAZÚR, R. (2010b). *Zastavané / nepriepustné plochy v Európe*, Vyžiadaná prednáška. 7.-8. decembra 2010, Masarykova univerzita v Brne, Přírodovědecká fakulta, Geografický ústav, a Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra geografie [online]. [cit. 2012-08-22]. Dostupné na: <<http://geoinovace.geogr.muni.cz/prednasky/>>, <http://data.geoinovace.quonia.cz/tmp/prednasky/2010_12_07_presentation_BrnoOlomouc_3_.pdf>
- KUSEDOVÁ, D., PAVLOVIČOVÁ, I. (2012). Nástroje geografických informačných systémov v demogeografickom výskume a praxi. In *Symposium GIS Ostrava 2012. Současné výzvy geoinformatiky: proceedings*. Ostrava (VŠB - Technická univerzita Ostrava). [online]. [cit. 2012-08-22]. Dostupné na:

2006 commune population data into a 100 m grid. Based on the validation with 2006 1 km grid and 10 km grid population reference data, none of them outperformed the best similar product available for that year (the disaggregated grid made by the Austrian Institute of Technology employing as ancillary data not only CLC and SSL, but also OpenStreetMap road and railway data). The results suggest, there is a potential for improvements of the disaggregation method applied in the paper. One of them is the use of specifically designed regions or sets of communes in the procedure of iterative tuning of population density coefficients. Another improvement is envisaged in the use of additional ancillary data. While this can be very beneficial (as shown by many studies including this one), the paper shows the accuracy of ancillary data is crucial for the accuracy of the disaggregation result.

Fig. 1 Diagram of spatial data aggregation and disaggregation

Fig. 2 Study area

Fig. 3 3D visualization of a choropleth map

Fig. 4 3D visualization of the Population Density Grid of the EU

Fig. 5 3D visualization of the newly created population density grid based on CORINE Land Cover and European soil sealing layer

Tab. 1 Results of validation in Austria