

TVORBA POPULAČNÉHO RASTRA MESTA BRATISLAVY PRIESTOROVOU DEZAGREGÁCIOU

Dagmar Kusendová¹⁾ – Pavol Ďurček²⁾

Žijeme v dobe rýchleho rozvoja informačných technológií a nových technológií zberu, spracovania štatistických dát, ktoré zasahujú aj do oboru evidencie obyvateľstva. Populačné rastre (population grids), produkt tohto rozvoja, predstavujú ďalší rozvojový potenciál uchovávaní, vizuálnej prezentácie a analýzy dát o obyvateľstve a jeho charakteristikách. Terminologický glosár Štatistického úradu EÚ (EUROSTAT) definuje **population grid**, resp. **population grid cell** ako „mriežku zloženú z pravidelnej siete štvorcových buniek obsahujúce dáta o veľkosti populácie, resp. počte obyvateľov“ (EUROSTAT, 2015a).

Populačné rastre postupne nahrádzajú, resp. dopĺňujú tradičné územné štatistické jednotky (NUTS), ktoré však majú rozdielnu **územnú platnosť** meniacu sa v priestore a čase, a to nielen vo vnútri štátov, aj medzi nimi (Klobučník – Bačík, 2015). Práve problém rozdielnej územnej platnosti vo veľkej miere rieši využívanie harmonizovaných populačných rastrov, ktoré charakterizujú v celku tieto výhody (Sládeková – Hurbánek, 2016):

1. **hierarchická variabilita v priestore** – rastre a ich bunky sú vertikálne skladobné, čím umožňujú analýzy nezávislé od mierkovej úrovne (kombinácie globálnych, regionálnych a lokálnych analýz v území – napr. zo 100 buniek vo veľkosti 100 x 100 m sa vyskladá bunka v rozmere 1 x 1 km),
2. **intenzitný ukazovateľ** – premenná štatistického ukazovateľa sa vzťahuje k rovnakej

plošnej veľkosti bunky, teda ide o intenzitný ukazovateľ (napr. hustota zaľudnenia vyjadrená počtom osôb na 1 km²),

3. **stabilita v čase** – veľkosť buniek rastra vo funkcii štatistických územných jednotiek je v čase konštantná na rozdiel od tradičných (NUTS, resp. LAU),
4. **dátová integrácia a harmonizácia** – populačné rastre sa dajú analyzovať v kombinácii s ďalšími rastrami fyzicko-geografického, sociálneho, ekonomického, či environmentálne charakteru,
5. **priestorová univerzálnosť** – z buniek rastra sa dajú vyskladať ľubovoľné územné štatistické jednotky počínajúc jednotkami NUTS a končiac špecifickými sociálno-ekonomickými (napr. zdravotnícke alebo volebné obvody) a prírodnými (geomorfologické, pôdne, ekologické a ďalšie).

Výhody rastrovej prezentácie viedli k tvorbe prvých národných a nadnárodných populačných rastrov (Japan Statistics Bureau, 1985; U.S. Census Bureau, 2016; Williamson, 1986; Dobson et al., 2000) včítane európskych, ktoré zastrelil projekt GEOSTAT (EUROSTAT, 2015b) a sprístupnili verejnosti najmä národné webové geoportály (CENIA, 2011).

Tvorba rastrových prezentácií sa realizuje dvoma základnými prístupmi rozlišujúce polohu zdrojových dát voči bunkám rastra. Prvý prístup, označovaný aj **zdola nahor** (bottom-up), využíva pri tvorbe rastra agregovanie individuálnych cenových záznamov (dátových zdrojov) do jednotlivých buniek (cells) so známymi geografickými súradnicami (adresné body, centrá budov a pod.). Výsledkom je raster

1) Katedra ekonomickej a sociálnej geografie, demografie a územného rozvoja, Prírodovedecká fakulta Univerzita Komenského v Bratislave, kontakt: dagmar.kusendova@uniba.sk

2) Katedra ekonomickej a sociálnej geografie, demografie a územného rozvoja, Prírodovedecká fakulta Univerzita Komenského v Bratislave, kontakt: pavol.durcek@uniba.sk

s presnými hodnotami na mikrodátovej úrovni. Pri absencii mikrodát sa využíva druhý opačný prístup – **zhora nadol** (top-down), keď z dostupných vyšších areálových štatistických a územných jednotiek s agregovanými hodnotami (okres, obec, základná sídelná jednotka) sa hodnoty dezagregujú do buniek. Výsledkom je raster s menej pravdivými, resp. menej presnými odhadnutými hodnotami. Využívajú sa pri tom rôzne metódy areálovej interpolácie (areal interpolation), ktoré sa všeobecne delia na jednoduché metódy využívajúce len zdrojové areálové jednotky pre „areálové váženie“ a inteligentné (dazymetrické) metódy, ktoré využívajú ďalšie pomocné (ancillary) dáta spresňujúce odhad lokalizácie obyvateľov v rámci zdrojovej jednotky (Petri, 2013; Rosina – Hurbánek, 2016; Sládeková – Hurbánek, 2016; Rosina a kol., 2017).

Cieľom príspevku je poskytnúť podrobný opis prístupu top-down pri tvorbe nového populačného rastra s veľkosťou bunky 100 x 100 m v hraniciach hlavného mesta Slovenskej republiky – Bratislavy spolu s validáciou našich výsledkov a závermi pre ďalších tvorcov podobných rastrov s využitím porovnateľných zdrojových dátových štruktúr. Hlavným dôvodom pre takto stanovený cieľ bola skutočnosť, že žiadne akademické pracovisko, či verejná inštitúcia na Slovensku doposiaľ nepublikovala dáta v rovnakom alebo vyššom detaile rastového zobrazenia pre sledované územie. Zároveň sme mali ďalšie sekundárne dôvody, ktorými boli: nájsť a aplikovať vhodné nástroje geografických informačných systémov (GIS), výber a analýza vhodnosti disponibilných dátových zdrojov, optimalizácia algoritmu tvorby rastra a jeho vizualizácia. Ako sme už naznačili vyššie, pre tvorbu rastra vo vysoko urbanizovanom území sme zvolili menej presnú dezagregačnú (dazymetrickú) metódu. Dôvodom jej výberu bola neexistencia, resp. nedostupnosť žiadaných populačných mikrodát priamo lokalizovaných k adresám alebo budovám,

či už z hľadiska časovej aktuálnosti, ceny, resp. ochrany osobných dát. Modelované hodnoty nášho dezagregačného rastrového modelu sme mohli validovať len s hodnotami presného populačného rastra v rozlíšení 1 x 1 km, ktorý je oficiálne publikovaný na webových stránkach Štatistického úradu Slovenskej republiky.

POUŽITÉ DÁTA

Prvým dátovým zdrojom boli štatistické údaje zo **Štatistického lexikónu obcí Slovenskej republiky 2011** (Štatistický úrad SR, 2014). Konkrétne sme využili dáta o počte obyvateľov v **Základných sídelných jednotkách** (ZSJ) v meste Bratislava vo formáte súboru XLS. Druhým zdrojom bola mapová vrstva ZSJ prevzatá z *Garajová* (2015), kde boli ZSJ a ich časti harmonizované do novej geodatabázy (formát SHP) z pôvodného zdroja poskytnutého **Slovenskou agentúrou životného prostredia**. Tretím zdrojom boli mapové vrstvy z webovej mapovej služby (WMS) mapového portálu **OpenStreetMap** (Geofabrik GmbH, 2016), kde sme prevzali vrstvu budov, resp. ďalšie vrstvy, ktoré slúžili ako orientačné prvky všeobecnogeografického pozadia výsledných máp: vodné toky, cestné komunikácie, železnice. Vrstva budov zároveň obsahovala atribútovú tabuľku s typom budovy³⁾. Nedostatkom zdroja bolo, že tento atribút nebol zadáný pre každú budovu. Preto sme využili štvrtý zdroj, a to mapový portál **Základná báza údajov pre geografický informačný systém – ZBGIS®** (GKÚ, 2016) a jeho mapovú vrstvu budov.

VIZUALIZÁCIA RASTRA

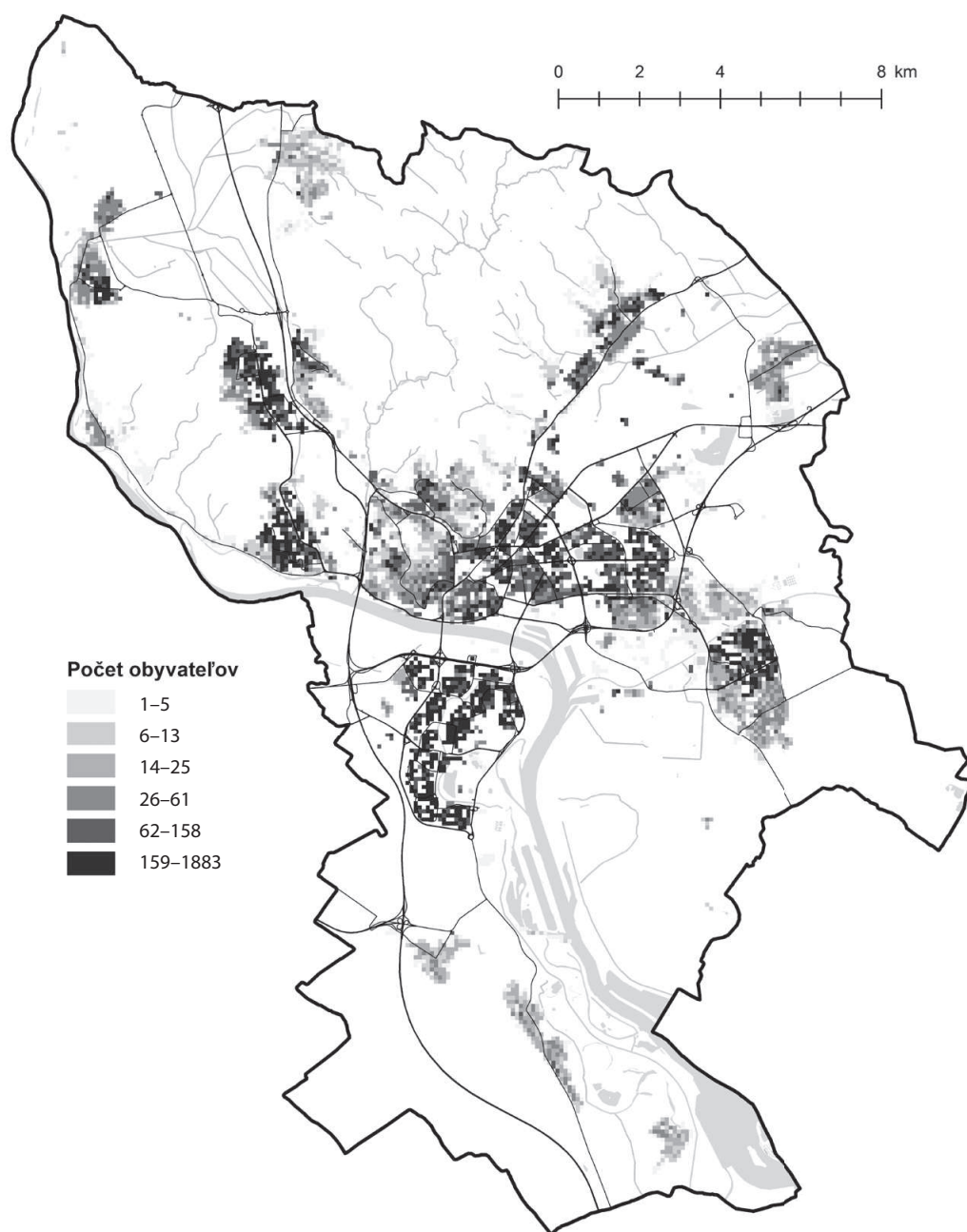
Výsledný populačný raster pre územie Bratislavy ilustruje obr. 1. Vzhľadom na to, že všetky hodnoty zobrazované v rovnako veľkých bunkách rastra predstavujú automaticky intenzitný ukazovateľ,

3) Abandoned; apartments; barn; bridge; bunker; cabin; castle; cathedral; civic; collapsed; commercial; construction; container; detached; dormitory; garage; garages; greenhouse; hangar; hospital; hotel; house; houseboat; hut; chapel; church; industrial; kindergarten; manufacture; monastery; office; palace; polyfunctional; post_office; primary; public; restaurant; retail; roof; ruins; shelter; shop; school; stadium; store; supermarket; terrace; theatre; tower; train_station; transportation; university; utility; warehouse.

tak sme sa rozhodli absolútne hodnoty počtu obyvateľov zobraziť v relatívnom tvare prostredníctvom intervalovej škály, kde hranice intervalov tvorili kvartilové hodnoty s výnimkou buniek s nulovou hodnotou. Zároveň sme pre lepšiu orientáciu v mestskom priestore zobrazili populačné údaje spolu s ďalšími orientačnými prvkami – vodné toky a najvýznamnejšie cestné komunikácie.

Aby sa dali využiť naše výsledky práce vo vedeckej činnosti alebo priamo v analytickej praxi, rozhodli sme sa mapovú vrstvu (vo formáte SHP) populačného rastra s odhadovaným počtom obyvateľov zverejniť s podmienkou citovania zdrojov na internetovej adrese: https://liveuniba-my.sharepoint.com/:u:/g/personal/durcek2_uniba_sk1/EcqIAAe-P0xClz7ULfNyMUABR_P5M2BkMxe4kkV-wdsIgA?e=ti1Lqh

Obr. 1: Populačný raster mesta Bratislavy v rozlíšení 100 x 100 m s počtom obyvateľov k roku 2011
Population grid of the City of Bratislava in a resolution 100 x 100 m related to the number of inhabitants in 2011



Zdroj: Štatistický úrad SR, 2014; Garajová, 2015; Geofabrik GmbH, 2016; GKÚ, 2016; autori.

Source: Štatistický úrad SR, 2014; Garajová, 2015; Geofabrik GmbH, 2016; GKÚ, 2016; autori.

VALIDÁCIA RASTRA

Testovanie presnosti a výpovednej hodnoty nášho odhadu sme realizovali na základe porovnania nášho generalizovaného populačného rastra v rozlíšení 1 x 1 km (hodnoty počtu obyvateľov v bunke sme tiež určili sumáciou hodnôt stredov obývaných budov) s oficiálnym rastrom, ktorý publikoval Štatistický úrad Slovenskej republiky len v rozlíšení 1 x 1 km. Pri testovaní sme použili absolútne aj relatívne hodnoty⁴⁾. Výsledky testovania zobrazuje obr. 2.

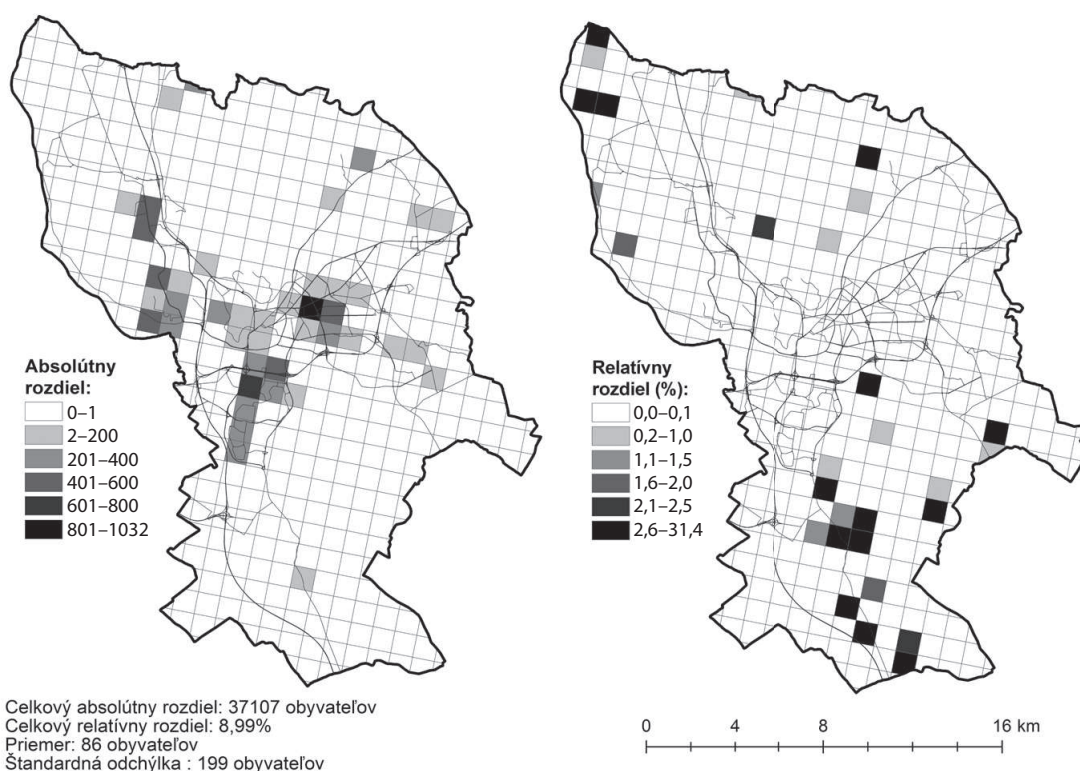
Na základe testovania sa dá konštatovať, že sme nesprávne lokalizovali 37 107 osôb, teda 8,99 % z celkového počtu obyvateľov Bratislavy. Priemerne bol v jednej bunke rastra absolútny rozdiel 86 obyvateľov a štandardná odchýlka rozdielu bola 199 obyvateľov. Pri lokálnom hodnotení rozdielov najväčšie absolútne rozdiely sú v lokalitách Ružinova a Nového Mesta, kde lokálny absolútny rozdiel presahuje hodnotu viac

ako 801 obyvateľov. Zvýšené hodnoty absolútnych rozdielov sú aj v ďalších sídliskových oblastiach Petržalky, Dúbravky a Karlovej Novej Vsi, kde sa rozdiel pohybuje v hodnotách 400 až 800 obyvateľov. Pri relatívnom hodnotení najväčšie rozdiely boli v riedko obývaných oblastiach, kde sa prejavilo nesprávne lokalizovanie budov s nízkym počtom obyvateľov silne v relatívnom vyjadrení.

Vysvetlením uvedených nepresností môže byť niekoľko. Za najdôležitejšie pravdepodobné príčiny považujeme tieto:

- v oficiálnom populačnom rastri je zobrazené prítomné obyvateľstvo a my sme pracovali s obyvateľstvom podľa trvalého pobytu,
- v oficiálnom populačnom rastri sú kvôli ochrane osobných údajov nezverejnené (zlúčené, resp. inak upravené) údaje v prípade malej početnosti hodnôt,

Obr. 2: Výsledky testovania presnosti oficiálneho a nášho populačného rastra 1 x 1 km – absolútne a relatívne rozdiely / The results of testing the accuracy of the official and our population grid of 1 x 1 km – absolute and relative differences



Zdroj: Štatistický úrad SR, 2014; Garajová, 2015; Geofabrik GmbH, 2016; GKÚ, 2016; autori.

Source: Štatistický úrad SR, 2014; Garajová, 2015; Geofabrik GmbH, 2016; GKÚ, 2016; autori.

4) Absolútny rozdiel sa rovná rozdielu počtu obyvateľov v bunkách oficiálneho a nášho populačného rastra. Relatívny rozdiel sme počítali ako podiel absolútneho rozdielu a počtu obyvateľov príslušnej bunky oficiálneho rastra.

- efekt náhody v okamihu sčítania mohol spôsobiť, že niektoré budovy mohli byť o niečo viac obývané ako v inom okamihu,
- použitie stredov budov, ako náhrady adresných bodov, mohlo spôsobiť v blízkosti hrán rastrových buniek preskupenie hodnôt do susedných buniek,
- aplikované metodické zjednodušenia mohli nadhodnotiť, resp. podhodnotiť váhu jednotlivých budov, týka sa to najmä „členených“ budov a terénnych charakteristík pri určovaní výšky budovy, ktoré sme vôbec nebrali v úvahu,
- významný je časový nesúlad použitých zdrojových databáz budov, napr. lokalita Slnčnice (na juh od mestskej časti Petržalka) je v našom rastri už obývaná, v oficiálnom zdroji je bez obyvateľov.

Výsledky testovania potvrdili aplikovateľnosť prezentovanej metodiky v podmienkach Slovenska s využitím podobných dátových zdrojov pri eliminácii viacerých príčinných nedostatkov.

ZÁVER

Tradičné kartografické prezentácie demografických štatistík vo forme kvantitatívnych intenzitných máp v hraniciach areálových štatistických jednotiek rôznej úrovne (štát, región, kraj, okres, obec) alternujú nové progresívnejšie formy, ku ktorým jednoznačne priradujeme aj populačné rastre. A to aj napriek tomu, že majú svoje zápory, z ktorých sme vyššie už uviedli najmä problematiku *zachovanie dôveryhodnosti dát*, kde v snahe zamedziť úniku osobných dát sa skresľujú (modifikujú) bunky s nízkym hodnotami a využívajú sa rôzne ochranné algoritmy. S tým súvisí aj zákon malých čísiel, t. j. málopočetné javy a procesy, tak typické pre najmenšie štatistické jednotky a demografickú dynamiku, nie je vhodné vizualizovať v rastrových štruktúrach. Preto sa aj štatistické analýzy pomocou rastrov obmedzujú najmä na demografické štruktúry (vek, pohlavie a pod.).

Napriek tomu považujeme rastrovú prezentáciu populačných dát za korektnejšiu, štandardizovanú a interaktívnejšiu formu komparácie a analýzy cenzových štatistík v čase a priestore.

Štúdia je čiastkovým výsledkom projektov VEGA č. 1/0745/16 Autonomnosť, vzájomná závislosť a interakcie priestorových systémov, VEGA 1/0246/17 Keď pracovať nestačí: znásobená marginalita v slovenskej spoločnosti - sociálne a priestorové znevýhodnenie vo vzťahu k trhu práce, APVV-17-0079 Analýza a prognóza demografického vývoja Slovenskej republiky v horizonte 2080: identifikácia a modelovanie dopadov na sociálno-ekonomickú sféru v rozličných priestorových mierkach.

Literatúra

- Biljecki, F. et al. 2016. Population Estimation Using a 3D City Model: A Multi-Scale Country-Wide Study in the Netherlands. *PLOS ONE*, 24(1), pp.1–22.
- CENIA, 2011. *Geoportal*. [Online] Available at: <https://geoportal.gov.cz/web/guest/home> [Accessed 6 June 2018].
- Dobson, E. J. et al. 2000. LandScan: A global population database for estimating populations at risk. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 66(7), pp.849–57. [Online] Available at: https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/2000journal/july/2000_jul_849-857.pdf [Accessed 6 June 2018].
- EUROSTAT, 2015a. *Glossary – Geographical grid systems, Population grid cell*. [Online] Available at: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:Geographical_grid_systems [Accessed 6 June 2018].
- EUROSTAT, 2015b. *GEOSTAT INITIATIVE*. [Online] Available at: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/gisco/gisco-activities/integrating-statistics-geospatial-information/geostat-initiative> [Accessed 6 June 2018].
- Garajová, A. 2015. *Analýza vybraných demografických ukazovateľov základných sídelných jednotiek*. Bratislava: Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského.
- Geofabrik GmbH, 2016. *OpenStreetMap Data Extracts*. [Online] Available at: <http://download.geofabrik.de/europe.html> [Accessed 16 June 2015].
- GKÚ, 2016. *Mapový klient ZBGIS**. [Online] Available at: <https://zbgis.skgeodesy.sk/tkgis/default.aspx> [Accessed 23 November 2015].

- Japan Statistics Bureau, 1985. *Grid Square Statistics for the Distribution and Mobility of Population in Japan*. Tokyo: Statistics Bureau, Prime Minister's Office.
- Klobučník, M. – Bačík, V., 2015. Local self-government structure in the EU member states in 2011. *Journal of Maps*, 12(4), pp.671-75.
- Petri, E. 2012. *ESTAT gridtool manual v2.0.4*. EUROSTAT. [Online] Available at: <http://www.efgs.info/wp-content/uploads/Data/GRID/GISCO-gridtoolv2.0.4-setup.7z> [Accessed 6 June 2018].
- Petri, E. 2013. *Where and how do I look for spatial data, where and how do I publish my data?* Kongsvinger: Geographical Information Team Eurostat, European Commission.
- Rosina, K. – Hurbánek, P. 2016. *Spatial disaggregation of population density using land cover and remote sensing data*. Bratislava: Geografický ústav SAV.
- Rosina, K. – Hurbánek, P. – Cebecauer, M. 2017. Using OpenStreetMap to improve population grids in Europe. *Cartography and Geographic Information Science*, 44(3), pp.139–51.
- Sládeková, M. – Hurbánek, P. 2016. *Areálová transformácia geografických dát: princípy, metódy a aplikácia*. Bratislava: Geografický ústav SAV.
- Štatistický úrad SR, 2014. *Štatistický lexikón obcí Slovenskej republiky 2011*. Bratislava: Štatistický úrad Slovenskej republiky.
- U.S. Census Bureau, 2016. *1980 Population Distribution in the United States*. [Online] Available at: <https://www2.census.gov/geo/img/maps-data/maps/density80.gif> [Accessed 6 June 2018].
- Williamson, J. 1986. The Grid: History, Use, and Meaning. *Design Issues*, 3(2), pp.15–30.

SUMMARY

The empirical result of our study is a new population raster (grid) for the territory of Bratislava city (Fig. 1). We have used the principle of disaggregation, more precisely the dasymetric method, when, on the basis of auxiliary spatial data on inhabited buildings, we redistributed the number of inhabitants from the Basic Residence Units (ZSJ) of the Slovak Republic into a unified grid with a grid size of 100 x 100 meters (Fig. 4 and Fig. 5). The methodical contribution of the study contains a detailed description of the data sources and procedures used in the start-up database (Fig. 3) along with our own production and presentation of a particular population grid in the GIS environment (ArcGIS ver. 10.1). We verified the empirical result of our study on the representative level of the 1 x 1 km raster and expressed the degree of accuracy of our approximations to the values of the etalon (the official grid of the Statistical Office of the SR created in line with precise aggregation methods and real population values of 2011 year census) at the same resolution scale (Fig. 2). Based on this verification, we can say that our population grid of Bratislava is 91 % accurate. We identified the most likely causes of discrepancies between the model and actual values of both population grids, which are:

- in the etalon grid, due to the protection of personal data, data are not disclosed (merged

or otherwise modified) in the case of a small number of values,

- the diversity in the source data (in our case that is by permanent residence, the etalon – only the population present at the time of census),
- the incorrect disaggregation of values (the number of inhabitants) from centroids (as the substitution to address points) to our raster grid near edges of neighbouring grids, unlike the etalon that aggregates values into grid directly from the address points,
- time mismatch of used source databases (the etalon grid – only the census 2011 data, our grid – with newer data),
- applied methodical simplifications, which may overestimate, in some cases underestimate, the value of individual buildings, especially when calculating the volume of buildings, when we did not take into account the buildings shape and segmentation, resp. terrain characteristics while determining a building height,
- the effect of chance when, at the time of the census, some buildings could be a little bit more inhabited than elsewhere.

The new population grid in the boundaries of Bratislava Region of 100 m resolution scale is freely available for further research (while retaining

the author's quotation) as a map layer (SHP file) at: [https://liveuniba-my.sharepoint.com/:u:/g/personal/durcek2_uniba_sk1/EcqIAAe-](https://liveuniba-my.sharepoint.com/:u:/g/personal/durcek2_uniba_sk1/EcqIAAe-P0xClz7ULfNyMUABR_P5M2BkMxe4kkV-wdsIgA?e=ti1Lqh)

[P0xClz7ULfNyMUABR_P5M2BkMxe4kkV-wdsIgA?e=ti1Lqh](https://liveuniba-my.sharepoint.com/:u:/g/personal/durcek2_uniba_sk1/EcqIAAe-P0xClz7ULfNyMUABR_P5M2BkMxe4kkV-wdsIgA?e=ti1Lqh)

Příloha / Annex

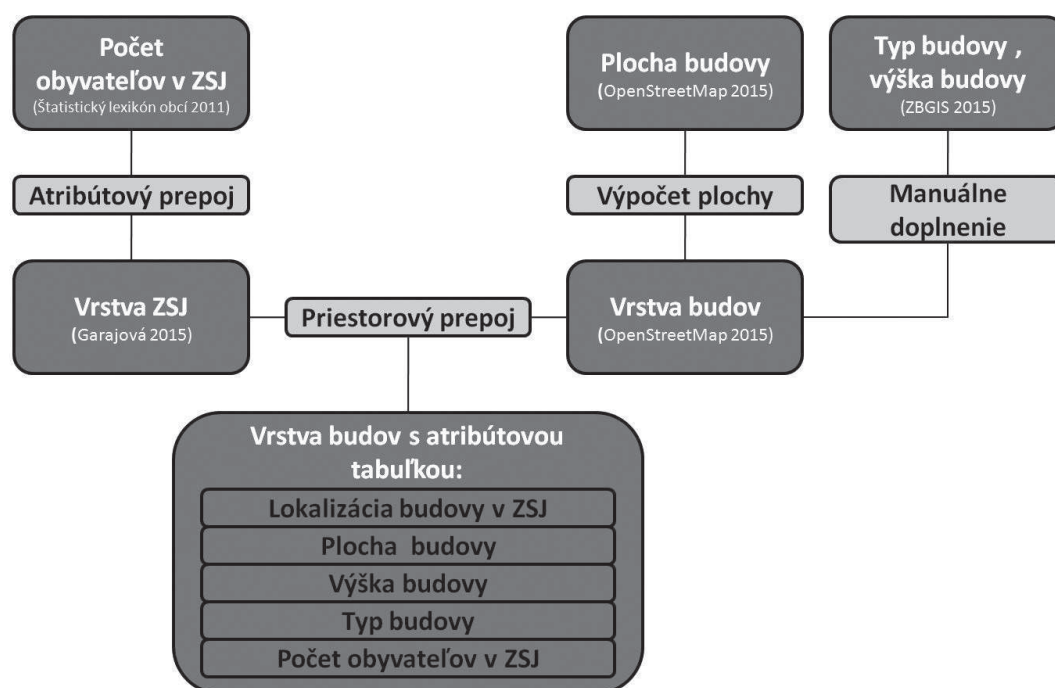
OPIS METODIKY TVORBY POPULAČNÉHO RASTRA

Opis tvorby populačného rastra je dosť detailný, a to najmä z dôvodu jeho opakovateľnosti aj v inom prostredí programu GIS, než ktorý sme použili my (program ArcGIS ver. 10.1) na vytvorenie databázy a populačného rastra Bratislavy včítane vizualizácie. Tvorbu pracovnej databázy schematicky vyjadruje obr. 3.

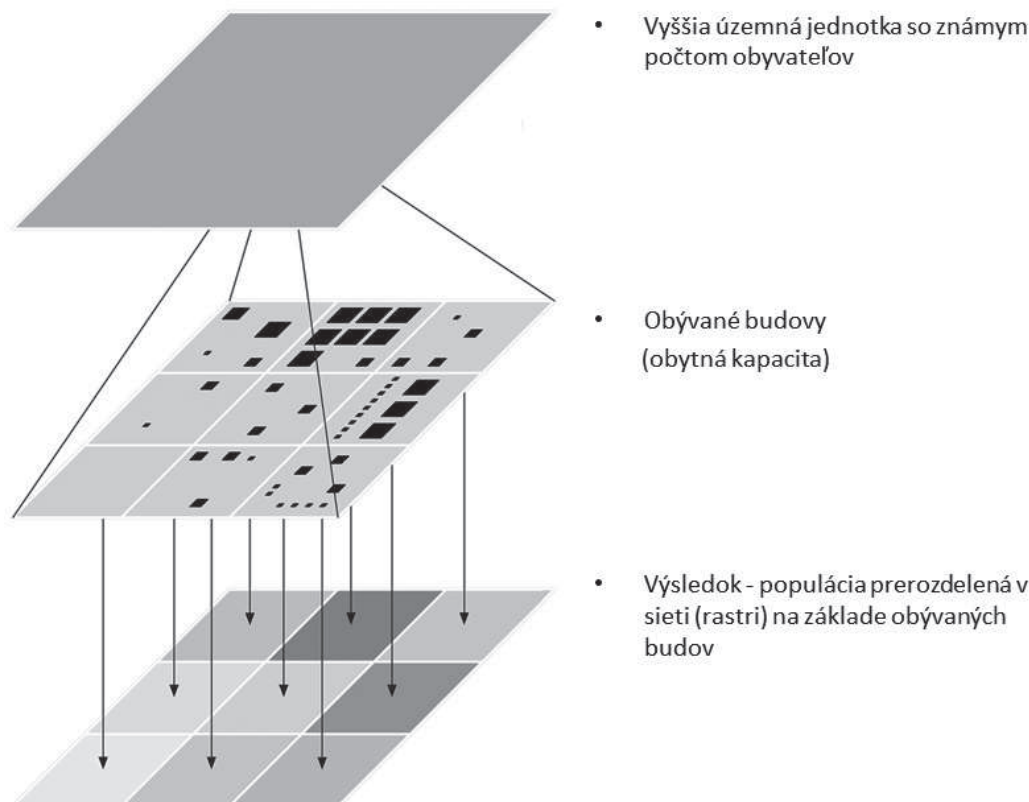
Na základe identifikačných kódov ZSJ sme atribútové údaje o počte obyvateľov z lexikónu spojili s mapovou vrstvou hraníc ZSJ v prostredí programu ArcGIS nástrojmi pre prácu s atribútovými dátami. Mapovú vrstvu ZSJ a budov zo ZBGIS® sme prevzali v národnom referenčnom systéme (projected coordinate system S-JTSK_Krovak_East_North). Mapové vrstvy z OpenStreetMap sú štandardne

v celosvetovom referenčnom systéme WGS-84, preto ich bolo treba transformovať do nášho národného kartografického systému (nástroj Project). Z mapovej vrstvy budov ZBGIS® sme na základe aktivácie informačného nástroja (Info) nad mapovou vrstvou a vybranou budovou zistili a manuálne doplnili/prepísali atribút typu budovy pre každú, ktorá ho nemala zaznamenaný (atribút type). Zároveň sme v atribútovej tabuľke vrstvy budov doplnili pre každú budovu zo ZBGIS® hodnotu výšky budovy nad povrchom v metroch (*height*) a z interných atribútov generovali plošný rozsah každej budovy v m²(*area*). Nakoniec sme priestorovým prepojením pre geografické dáta (Join) doplnili do vrstvy budov identifikátor ZSJ (*id ZSJ*) z mapovej vrstvy ZSJ, v ktorej sa daná budova nachádzala a počet obyvateľov príslušnej ZSJ (*pop ZSJ*).

Obr. 3: Schéma tvorby pracovnej databázy / The scheme of a start-up database creation



Pozn.: V zátvorke sú názvy dátových polí atribútovej tabuľky vrstvy budov. Rovnaké označenia používame aj v texte.

Obr. 4: Princíp fungovania dazymetrickej metódy / Principle of operation of the dasymetric method

Zdroj: Upravené podľa (Biljecki et al., 2016).

Source: According to (Biljecki et al., 2016)

Pri tvorbe populačného rastra Bratislavy sme sa inšpirovali najmä prácou Biljecki et al. (2016) na základe ktorej sme prerozdelenali (dezagregovali) počet obyvateľov zo Základných sídelných jednotiek mesta Bratislavy pomocou lokalizácie a objemu obývaných budov do rastra s veľkosťou bunky 100 x 100 metrov. Schematicky je postup znázornený na obr. 4.

Konkrétny postup dezagregácie opisuje nasledujúca časť a schematicky ilustruje obr. 5. V pracovnej databáze sme dopytom SQL vybrali len obývané budovy⁵⁾, ktoré sme uložili do novej samostatnej mapovej vrstvy. Z vrstvy všetkých budov v počte 75 068 objektov ostalo len 15 683 obývaných. Do nového atribútu *volume* sme doplnili výpočtom (násobením hodnôt polí *area* a *height*) objem obývaných budov a následne sumarizovali celkový „objem obývaných budov“ v každej ZSJ na základe

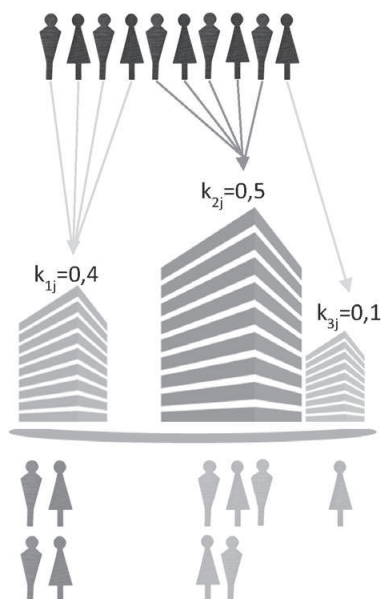
zhodných identifikačných kódov ZSJ jednotlivých budov. Výsledkom bola nová databáza s atribútmi *id* ZSJ a *sum_volume*. Cez atribútový prepoj sme doplnili hodnoty *sum_volume* do tabuľky obývaných budov a vytvorili nový atribút (*weight*), do ktorého sme vypočítali váhu každej jednej budovy. Váhy boli vypočítané ako podiel objemu každej jednej obývanej budovy (*volume*) a celkového objemu obývaných budov (*sum_volume*) príslušnej ZSJ, v ktorej sa budova nachádza. Na základe tejto „váhy“ sme prerozdeleni počet obyvateľov z príslušnej ZSJ do každej obývanej budovy⁶⁾. Výsledok násobenia atribútov *weight* a *pop* ZSJ sme uložili do atribútu *population*. V závere sme z vrstvy budov, ktoré boli zobrazené pôdorysne, vygenerovali bodovú vrstvu geometrických stredov (centroidov) obývaných budov s odhadnutým počtom obyvateľov

5) Apartments; house; polyfunctional.

6) Keďže polyfunkčné budovy sú len z časti využívané na obytné účely, tak sme sa rozhodli váhu tohto typu budov zredukovať na 50 %. Pre objektívnosť sme vypracovali varianty, kde sme počítali s obývanosťou polyfunkčných budov 30 %, 40 %, 60 %, 70 %. Podiely vo výslednom testovaní mali však menšiu zhodu s realitou.

Obr. 5: Postup prerozdelenia (dezagregácie) obyvateľov k budovám

Method of redistribution (disaggregation) of residents to buildings



$$PO_{ij} = k_{ij} \cdot PO_j$$

PO_{ij} – Počet obyvateľov v budove i
v základnej územnej jednotke j

k_{ij} – Váha budovy i , ktorá sa nachádza
v základnej sídelnej jednotke j

PO_j – Počet obyvateľov v základnej
územnej jednotke j

$$k_i = V_{ij} / V_j$$

V_{ij} – Objem budovy i nachádzajúci sa
v sídelnej územnej jednotke j

V_j – Objem všetkých budov nachádzajúcich
sa v sídelnej územnej jednotke j

Zdroj: Autori.

Source: Authors.

(*population*), ktoré tvorili konečný podklad pre tvorbu nášho populačného rastra.

Rastrovú mriežku v rozlíšení 100 x 100 m (spolu s testovacou v rozlíšení 1 x 1 km) sme generovali voľne dostupným nástrojom vytvorený A. Petri (*Petri*, 2012) pre program ArcGIS na automatickú tvorbu harmonizovaných rastrov podľa parametrov projektu GEOSTAT v celoeurópskom referenčnom systéme (ETRS89_LAEA). Mriežku

sme transformovali do národného systému pre tvorbu nášho rastra s využitím doplnujúcej dátovej vrstvy budov. Nedostupné oficiálne adresné body z územia Bratislavy sme nahradili stredmi budov s odhadovaným počtom obyvateľov a vytvorili nový populačný raster s veľkosťou 100 x 100 m použitím geografického prepojenia, pri ktorom sa do každej bunky rastra „preniesli a sčítali“ hodnoty *population* v nej „ležiach“ budov.