

*Оригинални научни рад*

UDC: 911.3:007  
DOI: 10.2298/IJGI1103151B

## ПРОСТОРНО МОДЕЛОВАЊЕ КОНЦЕНТРАЦИЈЕ СТАНОВНИШТВА МЕТОДОМ ГЕОГРАФСКЕ РЕГРЕСИЈЕ

*Бранислав Бајат*<sup>\*1</sup>, *Никола Крунић*<sup>\*\*</sup>, *Милан Килибарда*<sup>\*</sup>, *Милева Самарџић Петровић*<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>Грађевински факултет Универзитета у Београду

<sup>\*\*</sup>Институт за архитектуру и урбанизам Србије, Београд

Примљено 13 априла 2011; рецензирано 5 августа 2011; прихваћено 25 октобра 2011

**Апстракт:** У раду је дат приказ могућности примене методе географске регресије за потребе израде карте индекса промене броја становника. Ова савремена метода просторног моделовања све чешће да се користи последњих десетак година у географским анализама. На примеру истраживаног подручја Тимочке крајине (дефинисаног за потребе израде Регионалног просторног плана) испитане су могућности примене ове методе за деагрегацију класичних приказа демографских кретања, који се израђују хороплет картама на нивоу статистичких просторних јединица. Примењена метода базирана је на употреби помоћних просторних предиктора који су у корелацији са циљаном променљивом величином – индексом промене броја становника. За ту сврху коришћене су просторне базе података, попут дигиталног модела терена, растојања од мреже државних путева I и II категорије, као и базе података водно-непропустљивих површина. Просторни модел урађен је у ГИС окружењу, уз примену комерцијалних и *open-source* алата. Карта индекса промене броја становника за период 1961–2002. добијена је на основу статистичких података пописа становништва, док су за карту која се односи за период 2002–2027. коришћени подаци планске пројекције броја становништва.

**Кључне речи:** географска регресија, индекс промене броја становника, дасиметрија, ГИС, *open source*, Тимочка крајина.

### Увод

Употреба карата у демографским анализама је незаобилазна приликом сагледавања просторних аспеката промена и кретања становништва и његове интеракције са окружењем. Подаци о становништву обрађују се на основу пописа које државе спроводе у правилним временским интервалима, најчешће на деценијском нивоу. Књиге пописа који се публикују на основу обрађених података датих табеларно за различите

---

<sup>1</sup> Аутор задужен за кореспонденцију [bajat@grf.bg.ac.rs](mailto:bajat@grf.bg.ac.rs)

територијалне нивое и просторне јединице, одавно су јавно доступне. Подаци се у Републици Србији најчешће дају на нивоу насеља<sup>2</sup> (агрегацијом података пописних и статистичких кругова), док су то у САД-у пописни блокови<sup>3</sup>, а у Великој Британији пописна подручја<sup>4</sup>. Демографски подаци из пописа се картирају као статистичке површи (DeMers, 1999) и најчешће се приказују хороплет картама (Harvey, 2008), тј. картама које се састоје од низа појединачно процењених униформних површи раздвојених јасним, оштрим границама.

Главни недостатак примене хороплет метода је што се претпоставља да је распоред становништва хомоген у оквиру просторне јединице која се користи као картографска јединица, што у стварности није случај (Tobler, 1979). Заправо, модел који нуди хороплет карта јесте резултат агрегације података који се добијају у пописним круговима. Подаци попут густине становништва у том случају резултоваће површима које не предвиђају приказивање ненасељених области, иако оне реално постоје. Једини начин да се у циљу што реалнијег моделовања демографских података превазиђе овај проблем је коришћење просторних база које указују на степен изграђености простора и просторних садржаја и природних фактора који су у корелацији са просторном дистрибуцијом становништва.

Метод дасиметријског картирања један је од приступа за решавање овог проблема, којим се врши подела моделованог простора у зоне вишег степена хомогености. Тиме се верније одсликавају варијације у статистичком слоју, уз подршку додатних варијабли и њихових међусобних односа. Менис (Mennis, 2003) дефинише дасиметријско картирање као процес расподеле (деагрегације) просторних података по мањим, за анализу прецизнијим просторним јединицама, коришћењем додатних/помоћних података, како би се детаљније извршио распоред популације или других просторних феномена.

Примене ове методе датирају још из 19. века. Први картограф који је користио ову технику је Џорџ Скорп (George Julius Poulett Scrope) 1833. године, картирајући класе густине насељености светске популације. Као први аутор дасиметријске карте најчешће се наводи руски географ Семенов Тјен-Шански, који је метод описао 1911. године и чија је карта распореда становништва европске Русије публикована 1923. године (URL 1).

---

<sup>2</sup> Census Designation Places (енгл.).

<sup>3</sup> census blocks (енгл.).

<sup>4</sup> enumeration districts (енгл.).

Међутим, Џон Рајт (John Kirtland Wright) је први на енглеском језику 1936. год. приказао метод и порекло речи дасиметрија, објашњавајући је као „мерење густине<sup>5</sup>“. У том раду он је указао на предности дасиметријске у односу на стандардну тематску или хороплет карту. Мада се хороплет картирање вршило читав век пре Рајта, кованица „хороплет“ која означава „вредност по површини<sup>6</sup>“ приписана је управо њему (Jarcho, 1973, Maantay et al., 2007).

Временом су се технике дасиметријског картирања усавршавале и умножавале применом различитих метода деагрегације или интерполације података. Пресек метода које се користе код дасиметријског картирања може се наћи у раду групе аутора (Maantay et al. 2007). Поред осталих метода, као један од начина деагрегације података помињу се и методе просторне интерполације. Међутим, основни недостатак метода просторне интерполације лежи у чињеници да се њиховом применом добијају просторно континуалне површи, па области које су у стварности ненастањене, добијају вредности (додуше минималне) присуства популације.

Као један од начина за превазилажење проблема хороплет картирања густине становништва примењује се и метода семиоразмерног<sup>7</sup> картографисања концентрације становништва (Јанић-Сириџански и сар., 2007). Али, примена дасиметријских метода деагрегације становништва у Србији до сада није коришћена у практичне сврхе. Могућност примене дасиметрије у циљу процене „дневног“ и „ноћног“ становништва на подручју Војводине изложена је у скоро публикованом раду групе аутора (Krunić et al., 2011). Том приликом је коришћена метода три класе намене земљишта, а као основни слој за деагрегацију коришћени су подаци CORINE<sup>8</sup> 2000, просторне базе о намени земљишног покривача (Несторов и Протић, 2009).

У овом раду разматрана је могућност примене интерполационе методе географске регресије за потребе дасиметријског картирања. Метода географске регресије је релативно нова метода, која се користи за потребе просторног моделовања (Fotheringham et al. 2002). Иако је спектар примене ове методе прилично широк, интересантно је да је она најширу практичну

---

<sup>5</sup> density measuring (енгл.).

<sup>6</sup> value-by-area (енгл.).

<sup>7</sup> Метричко представљање нумеричких величина картираног предмета помоћу метрике геометријских фигура (Сретеновић, 1980).

<sup>8</sup> COoRdinate INformation on the Environment (срп.).

примену до сада имала у масовним проценама вредности непокретности (Crespo et al., 2007, Hanink et al., 2010).

Све шира примена ове технике базирана је на примени ГИС алата у обради просторних података и широком спектру јавно доступних база података на интернету. Обрада података одрађена је у *open-source* програмском пакету R, а предпроцесирање података и визуелизација добијених резултата у комерцијалном ArcGIS софтверском окружењу.

### Метода географске регресије

Географска регресија заснована је на базичном моделу линеарне регресије:

$$y_i = \beta_0 + \sum_{k=1}^m \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, n \quad (1)$$

где се члан  $y_i$  односи на променљиву величину чију вредност одређујемо,  $x_{ik}$  ( $k=1, \dots, m$ ) представља сет независних величина (предиктора), а члан  $\varepsilon_i$  остатак (разлику оцењене и „стварне“ вредности) на локацији  $i$  (Bourennane et al. 2000). Регресиони коефицијенти  $\beta$  обично се одређују методом најмањих квадрата (Перовић, 2005). Вишеструка регресија је заснована на моделу предикције тражене величине на основу вредности помоћних величина (предиктора), који су у корелацији са њом. Том приликом, она подразумева и просторну стационарост величине коју желимо да оценимо. Модел географске регресије омогућује да регресиони коефицијенти  $\beta$  просторно варирају у зависности од географских координата, што задовољава претпоставке Тоблеровог (Tobler) Првог закона географије „све је повезано са свиме, али блиске ствари су повезаније једна с другом“ (Miller, 2004) верније описујући просторно нестационарне појаве:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^m \beta_k(u_i, v_i)x_{ik} + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, n \quad (2)$$

где пар  $(u_i, v_i)$  означава координате у  $i$ -тој локацији,  $\beta_k(u_i, v_i)$  вредност регресионог коефицијента на истој локацији,  $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}$  су вредности предиктора на  $i$ -тој локацији, а  $\varepsilon_i$  остатак или грешка модела. Оцена регресионих коефицијената дата у матричној форми је:

$$\hat{\beta}(i) = (X^T W(i)X)^{-1} X^T W(i)y \quad (3)$$

где је  $W(i)$  матрица тежинских коефицијената на  $i$ -тој локацији, дефинисана на тај начин да подаци који су ближи интерполованој вредности имају веће тежине.

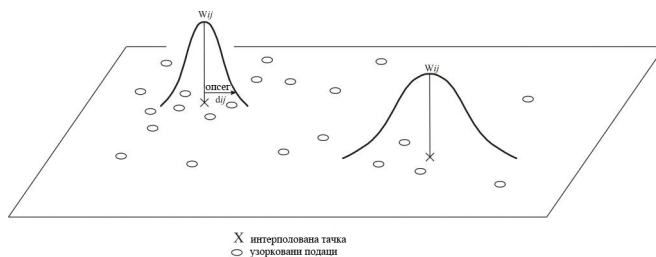
Просторно моделовање концентрације становништва методом географске регресије

$$W(i) = \text{diag}[w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{in}] \quad (4)$$

$w_{ij}$  је тежински коефицијент  $j$ -тог узорка који се користи за оцене на  $i$ -тој локацији. Најчешћи облик тежинских функција дат је у облику Гаусове криве:

$$w_{ij} = \exp\left[-\frac{d_{ij}^2}{2b^2}\right] \quad (5)$$

где је  $d_{ij}$  растојање између  $i$ -те локације и узорка на локацији  $j$ , а параметар  $b$  је опсег који треба одредити (слика 1). У случају да је просторни распоред узоркованих величина просторно хомоген, тада се овај параметар узима као константна величина, док се у случају да су узорци просторно различитих густина треба одредити за просторно променљиви (адаптивни) параметар опсега.



Слика 1. Тежинска функција  $w_{ij}$

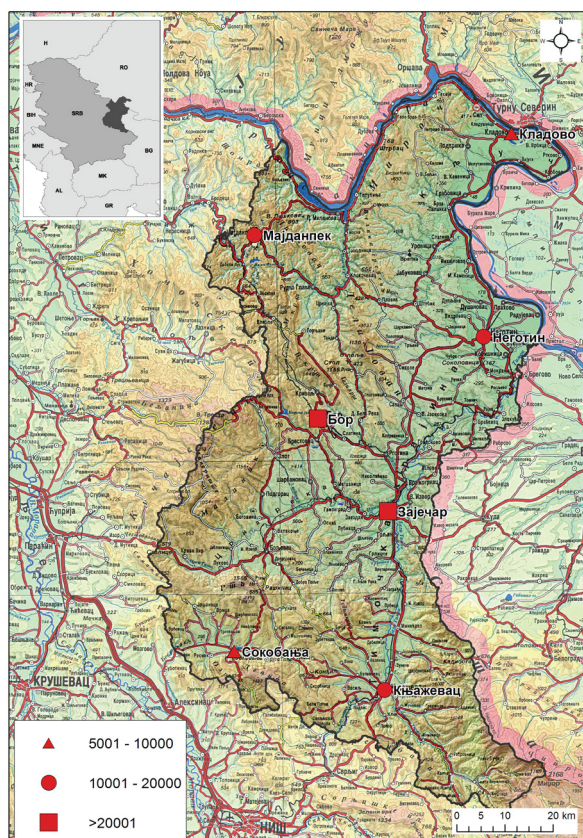
Изложени модел је примењен на тест подацима употребом *open-source* програмског пакета R применом *spgwr* модула за географску регресију (Bivand et al. 2008), предикцију и симулацију просторних података, као и *sp* пакета, који омогућује манипулацију просторним подацима у R-у (Pebesma, 2004). Резултати добијени у R пакету могу се лако конвертовати у било који од стандардних ГИС формата, што омогућује накнадну манипулацију, анализу и визуелизацију резултата у комерцијалним ГИС пакетима.

### Истраживано подручје Тимочке крајине

Подаци који се односе на географско-демографске карактеристике истраживаног подручја прикупљани су за потребе израде Регионалног просторног плана Тимочке крајине (ИАУС, 2010а).

*Положај и основне одлике подручја*

Подручје Просторног плана заузима источни део Републике Србије и обухвата територије Зајечарског и Борског управног округа. У физичко-географском погледу обухвата већи део басена Тимока, део доњег Подунавља и зону његовог брдско-планинског залеђа, горњи, изворишни део слива реке Пек и горњи и средњи део слива Сокобањске Моравице. Регион Тимочке крајине простира се до границе са Румунијом на северу, и Бугарске на истоку, Нишког и Пиротског управног округа на југу и Браничевског и Поморавског управног округа на западу.



Слика 2. Положај истраживаног подручја

Подручје Регионалног просторног плана Тимочке крајине припада неразвијеним и економски и демографски депресивним регионима са специфичним наменама: подручје паневропског транспортног коридора VII „Дунав“ и контактено подручје између паневропских инфраструктурних коридора X на западу и IV на истоку; подручје са изузетним хидроенергетским потенцијалима (ХЕПС Ђердап); пољопривредно-сточарско и шумско подручје; природне и туристичке вредности (развој туризма на Старој планини и Дунаву); изворишта вода националног и регионалног ранга и др.; подручје са значајним резервама минералних ресурса и развијеним рударством (РТБ „Бор“) и др.

Подручје Просторног плана, укупне површине од 7.130 km<sup>2</sup> (око 8% територије Републике Србије), обухвата територије општина Бор, Неготин, Кладово и Мајданпек на подручју Борског округа (3.507 km<sup>2</sup>) и града Зајечара и општина Књажевац, Сокобања и Бољевац на подручју Зајечарског округа (3.623 km<sup>2</sup>).

#### *Становништво и насеља*

На подручју Просторног плана живи око 284.100 становника, тј. 3,8% укупног становништва Републике (РЗС, 2003) с тенденцијом константног опадања у свим пописним периодима почев од 1948. године. Просечна густина насељености је 40 ст./km<sup>2</sup>, што је више него двоструко мање у односу на републички просек (85 ст./km<sup>2</sup>).

У периоду 1948–2002. године, укупан број становника<sup>9</sup> на подручју Плана опао је за око 2.800, тј. за 1%. У истом периоду, Борски управни округ је повећао број становника за 16%, док је у Зајечарском управном округу укупно становништво смањено за 17%. У оба управна округа број

---

<sup>9</sup> Ради поређења са ранијим пописима, овде је коришћен податак о укупном броју становника 2002. године по старој методологији пописа, према којој су, поред становништва у земљи, у стално становништво били укључени и сви грађани који су радили или боравили (као чланови породице) у иностранству. Према новој методологији пописа која је почела да се примењује од 2002. године у стално становништво, поред становништва у земљи, укључена су само лица на раду или боравку у иностранству краћем од једне године, као и страни држављани који у нашој земљи раде или бораве у својству чланова породице дуже од годину дана.

становника је растао у периоду 1948–1961. године. У Зајечарском управном округу започело је опадање популације након 1961. године, док се у Борском сличан тренд бележи тек након 1981. године. Услед упоредног константног опадања броја становника у ова два округа након 1981. године, укупно становништво на подручју Плана било је мање 2002. године у односу на 1948. годину, што се региструје, како по новој, тако и по старој методологији пописа. У периоду 1981–1991. године, када почиње опадање укупног броја становника Тимочке крајине, популациони раст су оствариле само општине Бор и Мајданпек (6% и 3%, респективно). Међутим, у последњем међупописном периоду (1991–2002. године), на основу нове методологије пописа, број становника на подручју Плана смањен је са око 317.400 на 284.112, тј. за око 33.300 лица (10,5%), и то нешто више у Зајечарском управном округу (10,8%) него у Борском (10,2%). Све општине/градови на подручју Плана су биле депопулационе у последњем међупописном периоду. Међу њима, једино општина Бор и град Зајечар бележе опадање броја становника које је мање од 10%, док је у свим осталим ситуација много лошија. На основу разлике у броју становника према старој и новој методологији Пописа 2002. године, може се уочити да поред сталног становништва, још око 30.750 становника са подручја Плана ради или борави у иностранству дуже од годину дана, што је далеко више у односу на 1991. годину кад их је било око 19.500 (ИАУС, 2010б).

Мрежа насеља региона јесте систем од 263 насеља размештених у 267 катастарских општина. Укупно 11 насеља има статус градских<sup>10</sup>, у којима живи око 152.750 становника (53,8% са подручја Плана). Просечна величина атара насеља износи око 26 km<sup>2</sup>. Изражене су значајне разлике по окрузима, како у погледу броја насеља, катастарских општина и величине атара, тако и функцији центара. У Борском округу има 98 катастарских општина, са 90 насеља и атарима просечне величине од око 35,8 km<sup>2</sup>, док је у Зајечарском округу 169 катастарских општина, 173 насеља, са просечном величином атара од 21,4 km<sup>2</sup> (ИАУС, 2010в).

---

<sup>10</sup> Градска насеља дефинисана методологијом Републичког завода за статистику Србије.



На подручју Региона инициране су дневне миграције на релацији приградска села—општински/градски центри и формирање урбаних агломерација са елементима дневног урбаног система. То је посебно изражено у борској и зајечарској агломерацији. Зајечар се функционално и физиономијски спаја са насељима дуж пута I реда бр. 25 ка Неготину, односно Књажевцу. Бор се због специфичне морфологије окружења и рударске делатности условно спојио са Брестовцем. Уочљива је аналогија у развоју ових агломерација са развојем агломерација градских насеља сличних функција и демографске величине у Србији. Развитаг агломерације поспешује планско, а делимично и спонтано релоцирање погона и предузећа из урбаних центара у приградска села, у којима се временом развијају и нови облици привредних и услужних делатности. Урбана концентрација становништва и функција у регионалним и општинским центрима и демографско пражњење сеоских подручја изазвано емиграцијом или смањењем природног прираштаја, а најчешће њиховом комбинацијом, довели су до промена у демографској величини насеља. Поредећи ту ситуацију са стањем из претходних пописа становништва запажа се сукцесија у демографском уситњавању сеоских насеља.

### Индекс промене становништва

Индекс промене броја становника је демографски индикатор који има широку примену у демографским анализама и један је од полазних показатеља у просторном планирању. Он указује на интензитет и брзину промене броја становника, чиме се могу идентификовати насеља у којима се одвија процес концентрације становништва, односно, процес деконцентрације/депопулације.

Индекс промене броја становника добијен је на основу података пописа за 1961. и 2002. годину (РЗС, 2003). Он представља однос промене броја становника на одређеном подручју у посматраном временском периоду, најчешће између два пописа:

$$I = \frac{P_2}{P_1} \times 100\% \quad (6)$$

где су:  $I$ —вредост индекса,  $P_1$ —популација на почетку посматраног периода,  $P_2$ —популација на крају посматраног периода.

Вредности индекса крећу се од 0 до  $n$ , с тим да се вредности мање од 1 (тј. мање од 100% уколико се множе са 100%) сматрају негативним,

односно то значи да се број становника смањило у посматраном периоду. У овде посматраном примеру утврђена је вредност индекса у периоду од 1961. до 2002. године. Почетна година се „статистички“ сматра годином када је започела масовна планска индустријализација праћена углавном неконтролисаним урбанизацијом, а посебно деаграризацијом, што је довело до стварања тачака и зона интензивне концентрације становништва, привреде, саобраћаја и капитала. У случају овог региона вредности индекса крећу се од 0 (за насеља коју су популационо потпуно празна) до 3,62 (или 362% за општинске центре који су у периоду интензивне индустријализације привукли становништво из околних насеља и других делова СФРЈ).

### *Пројекција кретања становништва*

*Индекс промене броја становника* за период од 2002. до 2027. године заснован је на планској пројекцији становништва Региона добијеној аналитичком методом (методом компонената) (O'Neill et al., 2001; Booth, 2006). Аналитички метод базира се на чињеници да се петогодишње кохорте становништва развијају током времена под утицајем смртности и миграција, а рођени током сваког петогодишта формирају нову кохорту. Улазни подаци за пројекцију становништва по аналитичкој методи су: старосно-полна структура становништва према последњем попису, вероватноћа доживљења за сваку кохорту по полу, стопе фертилитета за кохорте женског становништва у фертилном добу, миграциони салдо у последњем међупописном периоду и процентуални распоред миграната по кохортама и полу.

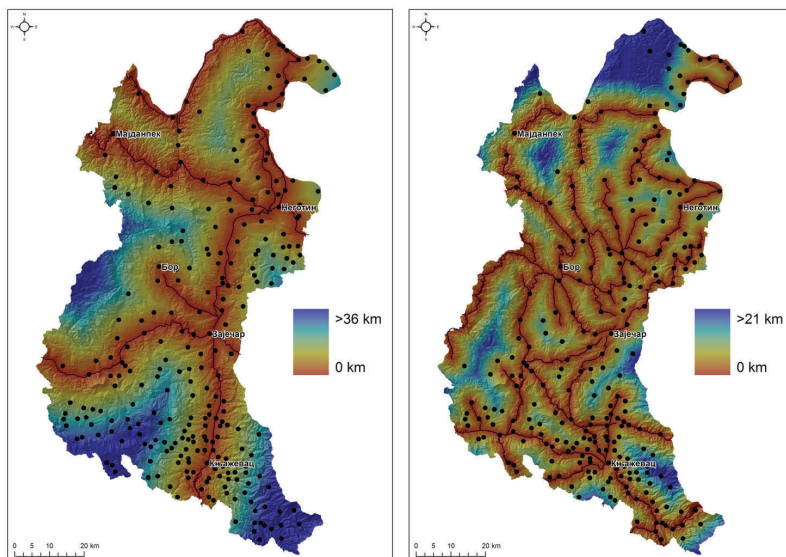
### **Помоћни предиктори**

*Путна мрежа.* Коришћени су подаци из базе података Регионалног просторног плана Тимочке крајине (ИАУС, 2010а), која је заснована на улазима из референтног система путних праваца Републике Србије, као и расположивих топографских карата ТК 100 и ТК 200<sup>11</sup>. На подручју Региона је 8 државних путева I реда укупне дужине око 485 km, те 29 државних путева II реда дужине око 1000 km. Иако је Регион добро покривен путном мрежом, квалитет застора, радијуси кривина и друге техничке карактеристике путева знатно варирају, али се могу оценити као лоше и значајан су ограничавајући фактор развоја Региона. На основу

---

<sup>11</sup> Карте у издању Војногеографског института, размере 1:100000 и 1:200000, које одговарају стању из 1985 - 87 год.

векторских података о путној мрежи генерисани су гридови (резолуције 200 m) еуклидских растојања од путева I и II реда (слика 3).



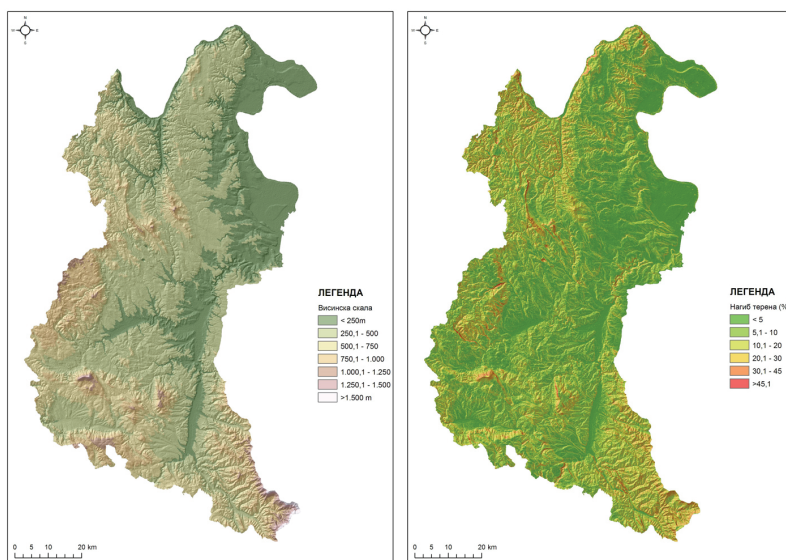
Слика 3. Растојања од путева I реда (лево), II реда (десно); положај центра насеља дат је црним тачкама

*Дигитални модел терена (ДМТ).* За податке о дигиталном моделу терена коришћен је ASTER<sup>12</sup> GDEM глобални модел Земљине површи, публикован 2009 године (URL 2). Дистрибуцију ASTER GDEM података реализује NASA<sup>13</sup> преко свог Центра за дистрибуцију архиве података активности земљишта (LPDAAC<sup>14</sup>) без новчане надокнаде, корисницима широм света (Бајат и сар., 2010). Формат у којем се ови подаци дистрибуирају је Geotiff са просторном резолуцијом од 30 m и оцењеном висинском тачношћу од 20 m. За потребе рада иницијални подаци су сведени на резолуцију од 200 m. На основу дигиталног модела у оквиру ArcGIS програмског окружења урађен је и растер нагиба са истом просторном резолуцијом (слика 4).

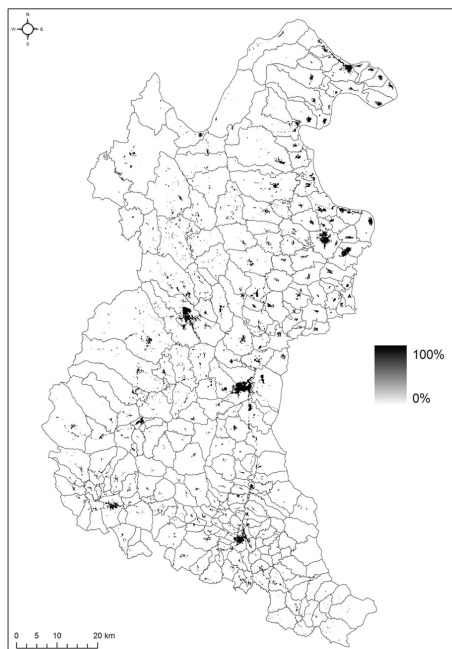
<sup>12</sup> Advanced Spaceborn Thermal Emission and Reflection Radiometer (скр.).

<sup>13</sup> National Aeronautics and Space Administration (скр.).

<sup>14</sup> Land Processes Distributed Active Archive Center (скр.).



Слика 4. Дигитални модел терена (лево), модел нагиба терена (десно)



Слика 5. Визуелни приказ базе података о водно-непропустљивом земљишту

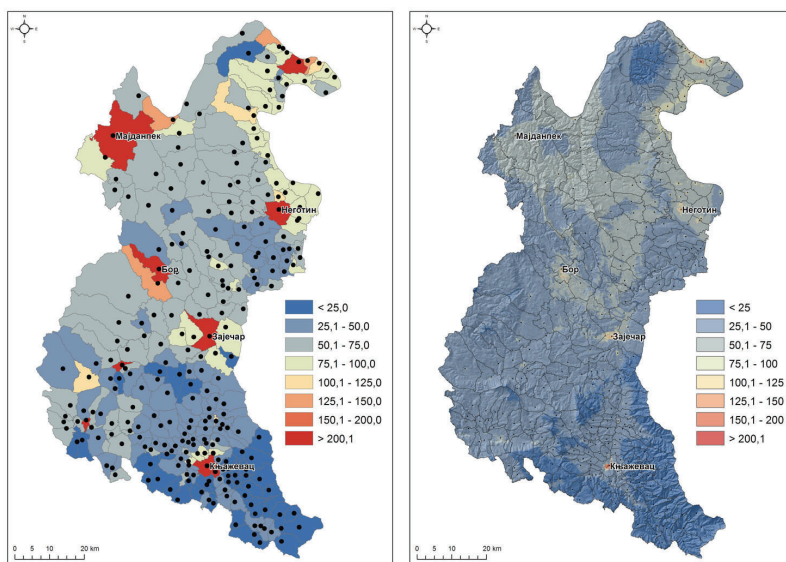
*База података о водно-непропустљивом земљишту*<sup>15</sup>. Ова база представља још једну *open-access* базу података која је бесплатна и доступна преко интернета. Она указује на површине земљишта које су услед антропогених утицаја постале водно-непропустљиви слој (Burghardt, 2006). Као таква, она индиректно осликава степен изграђености и представљена је у скали од 0 до 100 (слика 5). База је развијена од стране European Environment Agency (EEA) и доступна је у две просторне резолуције од 20 m и 100 m (URL 3). За потребе овог рада коришћена је база са резолуцијом од 100 m, која је ради унификације са осталим сетовима помоћних предиктора сведена на резолуцију од 200 m.

### **Карте индекса промене становништва истраживаног подручја Тимочке крајине**

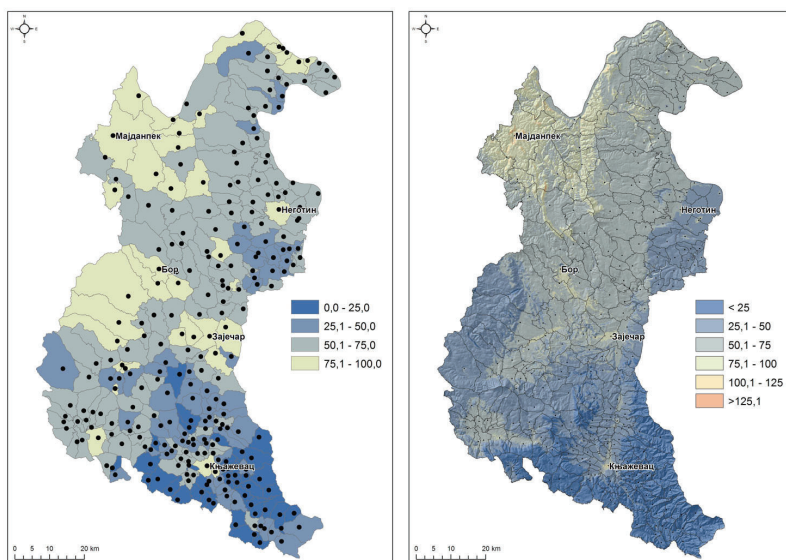
За разматрано подручје урађене су карте индекса промене броја становника применом стандардне хороплет методе картирања и применом географске регресије. Модел географске регресије примењен је тако што су за локације узоркованих величина коришћени центри насеља на подручју региона који су геореференцирани са топографских карата размере 1:100 000, у издању Војногеографског института. Долинска насеља је једноставно идентификовати, јер припадају типу тимочког збијеног насеља, те имају јасну и препознатљиву форму. Међутим, насеља у брдско-планинском делу најчешће су разбијеног типа, састоје се из група кућа и заселака, те урбани центар насеља не постоји. У таквим случајевима, позиционирана је највећа групација кућа, нарочито ако у њима постоје објекти јавне намене попут школе, цркве или задруге. Водило се рачуна о томе да свако статистичко насеље има само једну одговарајућу тачку позиционирану са ТК 100, како би јој се могли придружити одговарајући атрибути. Овим локацијама су придружени индекси промене броја становника добијени на основу пописа за период 1961–2002, као и вредности пројекције броја становника за период 2002–2027, изражених кроз индекс промене. Резултати хороплет картирања и модела добијеног географском регресијом дати су упоредно на сликама 6 и 7.

---

<sup>15</sup> Soil sealing (енгл.).



Слика 6. Карта индекса промене броја становника за период 1961–2002, хороплет приказ (лево), модел географске регресије (десно)



Слика 7. Карта индекса промене броја становника за период 2002–2027, хороплет приказ (лево), модел географске регресије (десно)

Стандардна хороплет карта индекса промене броја становника за период 1961–2002, указује на повећање становништа у урбаним центрима попут Мајданпека, Бора, Зајечара, Неготина и Кладова. Ово повећање је у првом реду последица великог прилива сеоског становништва услед развоја наведених центара урбанизацијом и индустријализацијом, пре свега развојем РТБ „Бор“, са њим повезаним комплементарним привредним садржајима и развојем сектора услуга. То је резултовало и вредностима индекса које су веће од 200. Када би се узимао у обзир краћи период, на пример од 1961. до 1982. године, та вредност била би значајно већа, с обзиром на то да је интензитет урбанизације у овом периоду био највећи. Основни недостатак хороплет карте је тај што, делове територије на којем нема објеката становања, нити има људских активности, дефинише као подручја са позитивним индексом промене броја становника. Карта генерисана географском регресијом приказује зоне настањености и људске активности на реалнији начин.

Период пројекције броја становника од 2002 до 2027 генерално указује на тренд депопулације овог подручја, с обзиром да није предвиђен сценарио интензивне имиграције ван подручја Плана, што је у сагласности са званичним пројекцијама Републичког завода за статистику. Као и у првом случају, недостаци које хомогене површи хороплет карата исказују, изражене су и за период пројекције кретања броја становника. Нехомогени распоред насеља на територији овог региона, захтевао је да се примени адаптивни опсег код одређивања параметра тежинских функција (формула 5).

### Закључна разматрања

Све доступније ГИС апликације, а у првом реду *open-source* пакети, који су намењени моделовању просторних података, стварају нове могућности у обради и презентацији демографских података. Посебно је значајна могућност комбиновања демографских и других просторних података који су у корелацији. Данас су многи од тих података доступни на интернету и имају задовољавајући ниво детаљности да могу да се могу користити, не само на нивоу државе, већ и на нивоу регионалних анализа. У овом раду коришћени су подаци о дигиталном моделу терена и водно-непропустљивом слоју земљишта услед антропогених утицаја, који су добијени преко интернета.

На основу података пописа и пројекције броја становника, применом географске регресије добијене су карте које верно приказују просторну

расподелу интензитета индекса промене становништва, у разматраним периодима 1961–2002 и 2002–2027. године.

Могућност примене дасиметријски моделоване просторне дистрибуције становништва, односно демографских параметара попут индекса промене броја становника јесте широка и значајна, пре свега за анализе и пројекције у просторном и урбанистичком планирању, проценама ризика од угрожености у ванредним ситуацијама, управљању хазардима, заштити животне средине, социо-економским дисциплинама и др. Може се очекивати повећано интересовање научне и стручне јавности за примену овог метода, чиме ће се значајно унапредити методи и модели, а оно што је најзначајније, постићи ће се већи степен истражености простора, појава и процеса у Републици Србији.

**Захвалност:**

Овај рад представља резултате истраживања у оквиру пројеката бр. ИИИ 47014 и ТР 36035 финансираних од стране Министарства за просвету и науку Републике Србије.

**Литература**

- Бајат Б., Самарџић М., Недељковић З. (2010). Дигитални модели терена као подлоге за пројектовање у грађевинарству. *Грађевински календар*, 42, 399–453.
- Bivand R., Pebesma E., and Rubio V. (2008). *Applied Spatial Data Analysis with R*. Use R Series. Heidelberg: Springer.
- Bourennane H., King D., and Couturier A. (2000). Comparison of kriging with external drift and simple linear regression for predicting soil horizon thickness with different sample densities. *Geoderma* 97, 255–271.
- Booth H. (2006). Demographic Forecasting: 1980 to 2005 in Review. *Working Papers in Demography No. 100*. Canberra: The Australian National University.
- Burghardt W. (2006). Soil sealing and soil properties related to sealing. *Geological Society, London, Special Publications* 266, 117–124.
- Crespo R., Fotheringham A.S. and Charlton M.E. (2007). Application of geographically weighted regression to a 19-year set of house price data in London to calibrate local hedonic price models. *Proceedings of the 9th International Conference on Geocomputation 2007*. Maynooth, Ireland: National University of Ireland Maynooth.
- DeMers M. N. (1999). *Fundamentals of Geographic Information Systems*. (2<sup>nd</sup> ed.), New York: John Wiley.
- Fotheringham A. S., Brunson C., and Charlton M. (2002). *Geographically Weighted Regression: The analysis of spatially varying relationships*. Chichester: Wiley.



## Просторно моделовање концентрације становништва методом географске регресије

Hanink D., Cromley R., Ebenstein A. (2010). Spatial Variation in the Determinants of House Prices and Apartment Rents in China. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 17–17.

Harvey F. (2008). A primer of GIS: fundamental geographic and cartographic concepts. New York: The Guilford Press.

ИАУС (2010а). *Регионални просторни план Тимочке крајине, Нацрт плана*. Београд: Институт за архитектуру и урбанизам Србије и Републичка агенција за просторно планирање

ИАУС, (2010б). *Регионални просторни план Тимочке крајине, Документациона основа, експертиза „Становништво“*. Београд: Институт за архитектуру и урбанизам Србије.

ИАУС, (2010в): *Регионални просторни план Тимочке крајине, Документациона основа, експертиза „Развој мреже насеља“*. Београд: Институт за архитектуру и урбанизам Србије.

Јанић-Сириџански М., Јовановић С., Живковић Љ. (2007). Картографско моделовање концентрације градског и сеоског становништва Србије. *Зборник радова Географског Института „Јован Цвијић“ САНУ*, 56, 147–158.

Jarcho S. M. D. (1973). Some early demographic maps. *Bull. N. Y. Acad. Med.*, 49 (9), 837–844.

Krunic N., Bajat B., Kilibarda M., Tošić D. (2011). Modelling the Spatial Distribution of Vojvodina's Population by Using Dasymetric Method. *Spatium* 24, 45-50.

Maantay J. A, Maroko A. R, Herrmann C. (2007). Mapping population distribution in the urban environment: the cadastral-based expert dasymetric system (CEDS). *Cartography & Geographic Information Science*, 34 (2), 77–102.

Mennis J. (2003). Generating surface models of population using dasymetric mapping. *The Professional Geographer*, 55 (1), 31–42.

Miller H.J. (2004). Tobler's First Law and Spatial Analysis, *Annals of the Association of American Geographers*, 94(2), 284–289

Несторов И, Протић, Д. (2009). CORINE картирање земљишног покривача у Србији. Београд: Грађевинска књига.

O'Neill, B. C., Balk, D., Brickman, M., & Markos, E. (2001). A Guide to Global Population Projections. *Demographic Research* 4, 203–288.

Pebesma E. J. (2004). Multivariable geostatistics in S: the gstat package. *Computers & Geosciences* 30 (7), 683–691.

Перовић, Г. (2005). *Метод најмањих квадрата (Монографија)*, Грађевински факултет, Београд

РЗС (2003). *Књиге пописа становништва, домаћинства и станова у 2002. години*. Београд: Републички завод за статистику Србије,.

Самарцић М., Миленковић М. (2010). Shuttle radar topography mission - доступност података и остварена тачност. *Гласник Српског географског друштва*, 90 (1), 51–72.

Slocum, T.A., McMaster, R.B., Kessler, F.C. & H.H. Howard (2005). Thematic cartography and geographic visualisation. (Part II Mapping Tehniques, Chapter 13 Choropleth Mapping) Prentice Hall Series in Geographic Information Science. Upper Saddle River.

Сретеновић, Љ. (1980). Семиоразмерно тематско картирање, Зборник радова Географског завода, свеска 27

Tobler W. R. (1979). Smooth pycnophylactic interpolation for geographical regions. *Journal of the American Statistical Association*, 74, 519–530.

URL 1: Bielecka E. *A dasymetric population density map of Poland* .  
<http://www.cartesia.org/geodoc/icc2005/pdf/oral/TEMA5/Session%209/ELZBIETA%20BIELECKA.pdf> (31.01.2011)

URL 2: <http://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem-wist.asp> (15.07.2009.)

URL 3: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eea-fast-track-service-precursor-on-land-monitoring-degree-of-soil-sealing-100m-1> (02.02.2011)