

WEBOVÁ APLIKÁCIA NA POSKYTOVANIE DÁT O KOMASÁCH ÚZEMIA NA BÁZE PROSTREDIA OPEN-SOURCE

Milica ALEKSIĆ, Jana FAIXOVÁ CHALACHANOVÁ

Web application for sharing data on land consolidation developed in the open-source software environment

Abstract: Land consolidation is a big project, which focuses mainly on reallocation parcels to remove effects of fragmentation in particular cadastral area. This is a complex and long-term process, in which not only is solved fragmentation of the land, but also ownership of the parcel etc. In such a process, it is necessary to keep the participants of the land consolidation constantly informed about the state of the parcels they own. The aim of this paper is to show the process of creating a web application for providing and visualizing data in the process of land consolidation. Web application was created using the R programming language, designed primarily for statistical calculations, which in fact represents an innovative and non-standard procedure for representing spatial data. In order to visualize and publish only important data for the owners, some of the data was imported from PostgreSQL database to integrated development environment for R, called RStudio. For publishing, the data was used Shiny package, which allows the simple development of an interactive web application directly from R. The web application for distributing data before and after land consolidation, besides other functions, allow users to switch between multiple layers, determine the parcel size either through the use of a tool for it or as a result of a simple query.

Keywords: interactive web application, RStudio, R Shiny, PostgreSQL, GIS, land consolidation

Úvod

Komasácia je postup, v ktorom sa sceľuje viacero malých poľnohospodárskych pozemkov od toho istého vlastníka (alebo viacero vlastníkov), kvôli zmenšeniu celkového počtu parciel v rámci konkrétneho katastrálneho územia (KÚ). Cieľom takéhoto postupu sceľovania nie je iba zlepšovanie poľnohospodárskej výroby, ale aj zlepšenie životného prostredia. Sceľovanie pozemkov je medzinárodná téma, pričom je dôležité splniť cieľ samotného projektu a zároveň aj uspokojiť vlastníkov. O vnímanie komasácie a spokojnosti vlastníkov s výsledkami sa zaoberali autori zo Slovinska (Liseca et al., 2014). O reforme pozemkov a komasácie sa zaoberal autor M. Hartvigsen z Dánska (Hartvigsen, 2014), ktorý vo svojom článku rieši problém rozdrobenosti pozemkov a vlastníctva v rámci 25 štátov v strednej a východnej Európe. Taktiež vyzdvihuje problematiku obrábania poľnohospodárskych pôd v podmienkach rozdrobenosti pozemkov. Kvôli udržaniu transparentnosti veľkého projektu, akým je komasácia, je nevyhnutné účastníkov neustále informovať o stave parciel a o konečnom stave a výsledku samotného sceľovania pozemkov. S vývojom technológie rastú požiadavky a očakávania používateľov na webové aplikácie. Nástroje, ktoré slúžia na spravovanie týchto dát sú často buď náročné pre bežného používateľa, alebo ani neexistujú. Online riešenie je možný spôsob riešenia tohto problému, ktorý vyplýva práve z nevyhnutnosti transparentnosti dát a potreby jednoduchého používateľského prostredia, ktoré pomôže pri vyhľadávaní a prezeraní parciel.

Cieľom príspevku je ukázať postup efektívneho vyvíjania aplikácie, vytvorenej prostredníctvom open-source programovacieho jazyka R spolu s objektovo relačným open-source databázovým systémom PostgreSQL/PostGIS (PostgreSQL, 2019). Jazyk R je primárne určený na štatistické výpočty a vizualizáciu grafiky. Ide o open-source projekt, ktorý bol vyvíjaný v Bell

Laboratories zo strany J. Chambersa (štatistik, ktorý najprv vyvinul programovací jazyk S) a jeho kolegov, ktorý bol prvýkrát použitý v roku 1993 (R project for statistical computing, 2019). Zdrojový kód pre R softvér je písaný vo viacerých programovacích jazykoch: C, Fortran a R (Schmidt, 2011). Je voľne dostupný pod GNU GPL licenciou pre rôzne operačné systémy. Prostredie R predstavuje moderný programovací jazyk, ktorý obsahuje balíčky na prácu s vektorovými a rastrovými dátami. Reprezentácia priestorových dát a interaktivita je umožnená pomocou použitých balíčkov (Shiny a Leaflet) v rámci prostredia R. Nástroje pridané do aplikácie by mali slúžiť pre bežného používateľa najmä na uľahčenie manipulácie s parcelami na internete v rámci konkrétneho KÚ. Táto práca je zameraná na vyvíjanie aplikácie pre KÚ Baranda, v Srbsku.

1. Zdrojové dáta a použité metódy pri návrhu webovej aplikácie na poskytovanie priestorových dát

Projekt komasácie sa zameriava na usporiadanie pozemkov v rámci konkrétneho KÚ. Ide o komplexný a dlhodobý proces, pri ktorom sa hlavne rieši rozdrobenosť pozemkov, resp. vlastníctva. Hlavnou motiváciou na vyvíjanie webovej aplikácie bola nevyhnutnosť transparentnosti dát, ako aj potreba neustáleho informovania účastníkov o konečnom stave a výsledku projektu komasácie. Úlohou tejto práce je ukázať postup tvorby webovej aplikácie na poskytovanie a vizualizáciu dát o komasácii v prípadovej štúdii KÚ Baranda v Srbsku. Webová aplikácia je vytvorená s použitím programovacieho jazyka a prostredia R. R jazyk je určený predovšetkým na štatistické výpočty, čo v predkladanom kontexte predstavuje inovatívny a neštandardný postup na prezentovanie dát priestorového charakteru.

1.1 Vstupné dáta

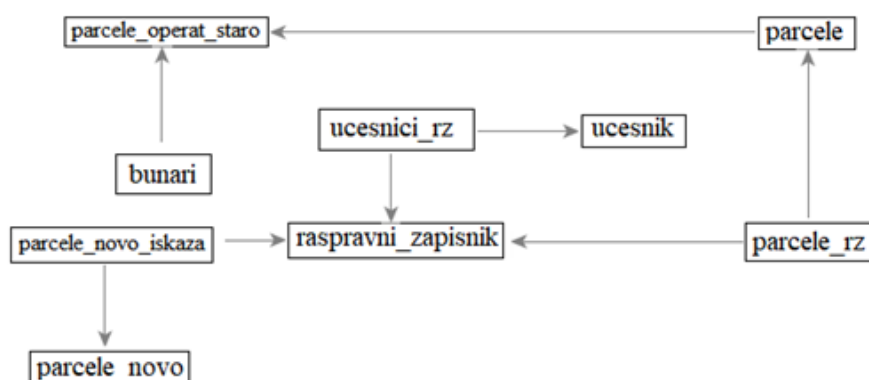
Aplikácia je riešená použitím RStudio prostredia, R Shiny a R Leaflet balíčkov. To znamená, že celkové spracovanie a zobrazenie dát sa rieši v druhej časti súboru *app.R*, ktorý patrí serverovým funkciám. Vstupné dáta, ako aj prvotná databáza, boli poskytnuté z firmy MapSoft z Belehradu (Srbsko) v rámci relačného databázového systému Microsoft SQL Server 2012 (Microsoft, 2019). Prvotná databáza obsahovala celkovo 51 tabuliek a v rámci tabuliek boli zastúpené údaje z KÚ Baranda v Srbsku. Na obr. 1 sa nachádza geografická poloha obce Baranda v rámci Európy



Obr.1 Geografická poloha obce Baranda (zdroj: maps.google.com)

so zväčšeným detailom na oblasť severnej časti Srbska. Obec Baranda patrí administratívne k mestu Opovo, ktoré sa nachádza v juhozápadnej časti Banata. Na severe a na východe hraničí s obcou Kovačica, na juhu s mestom Pančevo, na juhozápade s Belehradom a na severozápade s mestom Zrenjanin.

Väčšina informácií v databáze nesúvisela priamo s aplikáciou (napr. údaje o operátoroch, ktorý pracujú na komasácii). Po analýze a vyčistení týchto dát bola navrhnutá databáza v objektovo relačnom databázovom systéme PostgreSQL. Novonavrhnutá databáza obsahovala celkovo 9 tabuliek. Po vyčistení dát sa v databáze nachádzali informácie o vlastníkoch a vlastníckych podieloch, o parcelách pred komasáciou a parcelách po komasácii (parcely starého a nového stavu), a taktiež informácie o lokalite studní v rámci KÚ. Na obr. 2 je znázornený relačný model novej databázy.



Obr. 2 Relačný model navrhutej databázy

1.2 Metodika návrhu aplikácie

V databáze PostgreSQL boli navrhnuté dopyty, ktoré by mali slúžiť na kontrolu hrubých chýb softvéru, ktorý používa firma MapSoft pri určovaní atribútov parciel (výmera, bonita a pod.). Príkladom jedného z vytvorených dopytov bolo získať všetky parcely, ktoré obsahujú studňu. Na to sa použila funkcia „*st_within*“, ktorá by mala skontrolovať topologický vzťah medzi priestorovými objektami, čo boli v tomto prípade parcely a studne geometrického dátového typu. Na obr. 3 je ukážka dopytu spolu s výsledkom.

V tomto prípade sa zistilo, že každá studňa (reprezentovaná bodom) patrí k jednej parcele (reprezentovanej polygónom) a nenastala žiadna chyba.

S cieľom vizualizácie a publikovania dôležitých dát pre vlastníka boli niektoré dáta z PostgreSQL databázy importované do prostredia RStudio (RStudio, 2019). Importované dáta predstavujú najmä stav parciel pred a po komasácii spolu s dátami o studniach. Pri vytváraní aplikácie boli importované grafické súbory, čomu predchádzala transformácia medzi súradnicovými systémami Gauss-Krüger (projekcia, v ktorej boli získané dáta) a WGS84 (projekcia, ktorá je najčastejšie využívaná pri reprezentácii priestorových dát v rámci vytvárania Shiny aplikácie) v rámci open-source programu QGIS (QGIS, 2019) s cieľom správneho zobrazenia zadaného KÚ. Na obr. 4 je schematicky znázornený postup samotného riešenia.

Query Editor

```

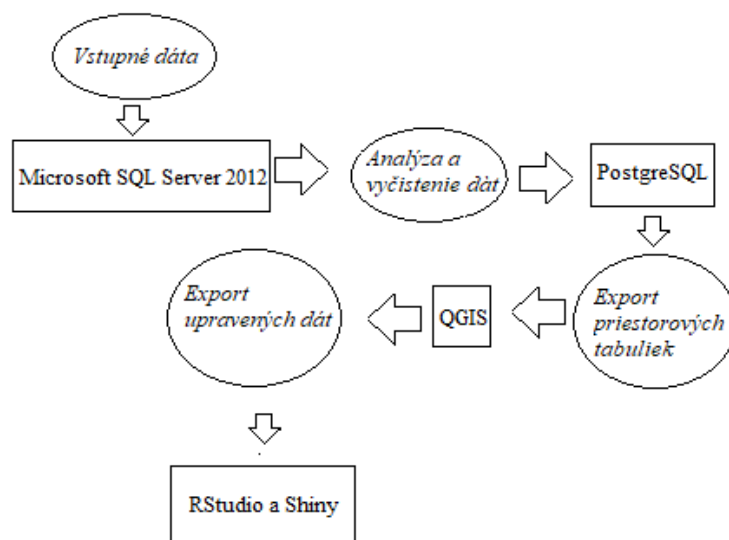
1 SELECT parcele_operat_staro."broj_parcele", bunari."id"
2 FROM parcele_operat_staro, bunari, parcele
3 WHERE st_within(bunari."geom",parcele."geom") AND
4 parcele."broj_parcele"=parcele_operat_staro."broj_parcele" AND
5 parcele_operat_staro."broj_parcele"=bunari."broj_parcele";

```

Output pane

	broj_par text	id text
1	1340/4	BV-143
2	1084/6	SZ-100
3	936/20	SZ-10001
4	1308	SZ-10002
5	1540/4	SZ-10003
6	1083/17	SZ-101
7	1453/2	SZ-106
8	1446	SZ-107
9	1287/2	SZ-109
10	1252	SZ-114

Obr. 3 Ukážka dopytu

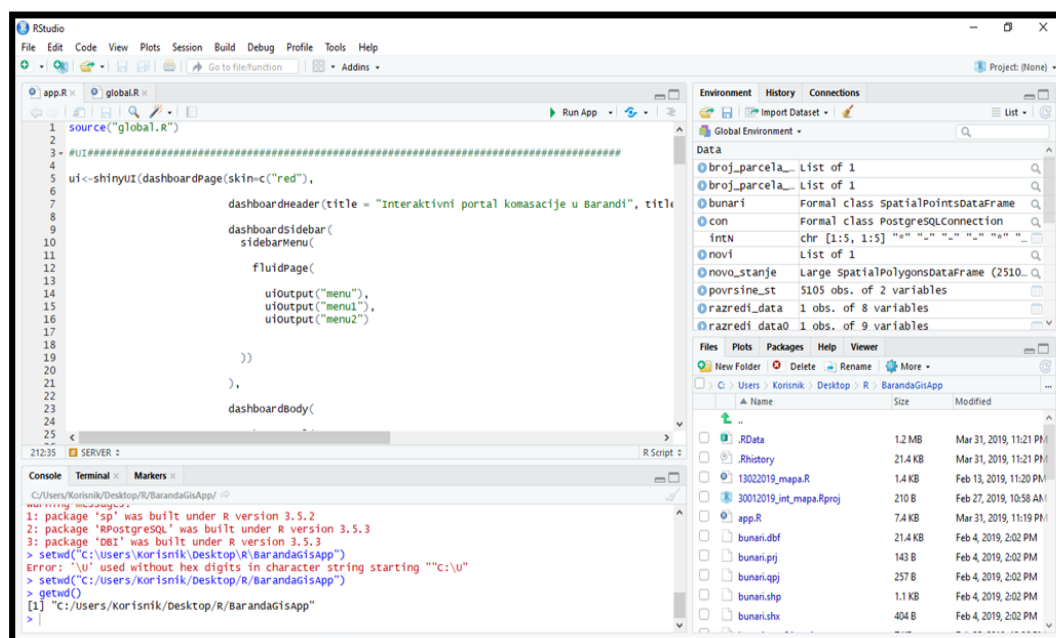


Obr. 4 Schematický postup riešenia aplikácie

2. R prostredie a balíčky v rámci RStudio

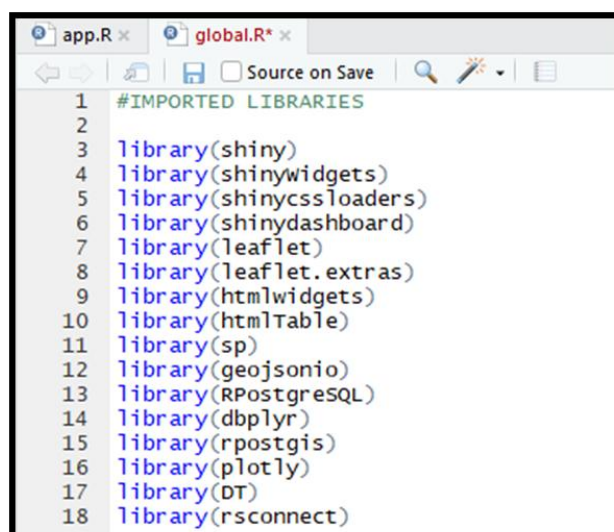
Jazyk R predstavuje všeobecne integrované programové prostredie na manipuláciu s dátami, kalkuláciu a grafické zobrazenie dát. Hlavné výhody použitia takéhoto prostredia sa odzrkadľujú v efektívnom uložení množstva dát a v manipulácii s nimi. Aby spracovanie dát bolo čím efektívnejšie, jazyk R v sebe zahŕňa aj široké spektrum balíčkov a funkcií na kvalitnú analýzu dát. Jazyk R je voľne dostupný na stiahnutie cez oficiálnu stránku projektu Comprehensive R Archive Network (CRAN) (Comprehensive R Archive Network, 2019). Samotná inštalácia závisí od operačného systému a po inštalácii je spustenie programu rovnaké ako v ostatných bežne používaných softvéroch.

Najčastejšie používaným používateľským prostredím pre jazyk R je RStudio. Ide o integrované vývojové prostredie (Integrated Development Environment – IDE) pre R (RStudio), v ktorom sa nachádza konzola na písanie a spustenie kódu (vľavo hore a vľavo dole), okno ukazujúce definované premenné (vpravo hore), okno na vyhľadávanie súborov, ktoré sú používané pri práci, okno na zobrazenie výsledkov a medzivýsledkov, pomoc pri manipulácii s balíčkami a iné (vpravo dole na obr. 5).



Obr. 5 Vzhľad RStudio prostredia

Často používané funkcie v rámci RStudio sú súčasťou rôznych balíčkov. Tieto funkcie sú voľne dostupné a vytvorené zo strany aktívnych používateľov R programovacieho jazyka. V rámci R je voľne dostupných na stiahnutie a použitie viac ako 14 000 balíčkov, v ktorých môžu byť obsiahnuté desiatky až stovky funkcií. Pri tvorbe webovej aplikácie na poskytovanie priestorových dát v rámci tejto práce, bolo použitých viac ako 10 rôznych balíčkov. Použité balíčky sa zameriavajú na načítanie dát (funkcia *read.csv* balíček *RPostgreSQL*, *dbplyr*), na vizualizáciu dát (*htmlwidgets*, *leaflet*), na priestorové dáta (*sp*), publikáciu výsledkov (*shiny*) a mnohé iné (obr. 6).



```
1 #IMPORTED LIBRARIES
2
3 library(shiny)
4 library(shinywidgets)
5 library(shinycssloaders)
6 library(shinydashboard)
7 library(leaflet)
8 library(leaflet.extras)
9 library(htmlwidgets)
10 library(htmlTable)
11 library(sp)
12 library(geojsonio)
13 library(RPostgreSQL)
14 library(dbplyr)
15 library(rpostgis)
16 library(plotly)
17 library(DT)
18 library(rsconnect)
```

Obr. 6 Zoznam použitých balíčkov v rámci navrhnutej aplikácie

2.1 Shiny balíček

RStudio poskytuje svoj produkt Shiny s cieľom jednoduchého a rýchleho vytvárania webových aplikácií. Použitie tohto balíčka umožňuje jednoduchú tvorbu webovej aplikácie kompletne v prostredí R. Komunikácia medzi klientom a serverom, štylizácia a dizajn samotnej aplikácie je riešený cez Shiny.

Shiny aplikácia pozostáva z časti kódu, ktorý reprezentuje používateľské rozhranie (*ui.R*) a časti kódu definujúcej funkcie servera (*server.R*). Tieto dve časti patria k jednému veľkému súboru s názvom „*app.R*“. Prvú časť súboru *app.R* predstavuje štruktúra používateľského prostredia, v ktorej sa tvorca webovej aplikácie zameriava na vzhľad aplikácie tak, ako ju bude vidieť klient. Na to, aby používateľ mal výsledné dáta a aby s nimi vedel manipulovať v rámci aplikácie je nevyhnutné štrukturalizovať serverovú časť. Časť *server.R* súboru *app.R* predstavuje back-end samotnej aplikácie (Data Science: Theories, Models, Algorithms, and Analytics, 2017). R kód sa vyhodnotí a vygeneruje sa výstup, ktorý sa potom pošle do *ui.R* časti kódu, ktorý sa má zobrazit' používateľovi. Serverová funkcia je vždy definovaná použitím dvoch argumentov: input a output.

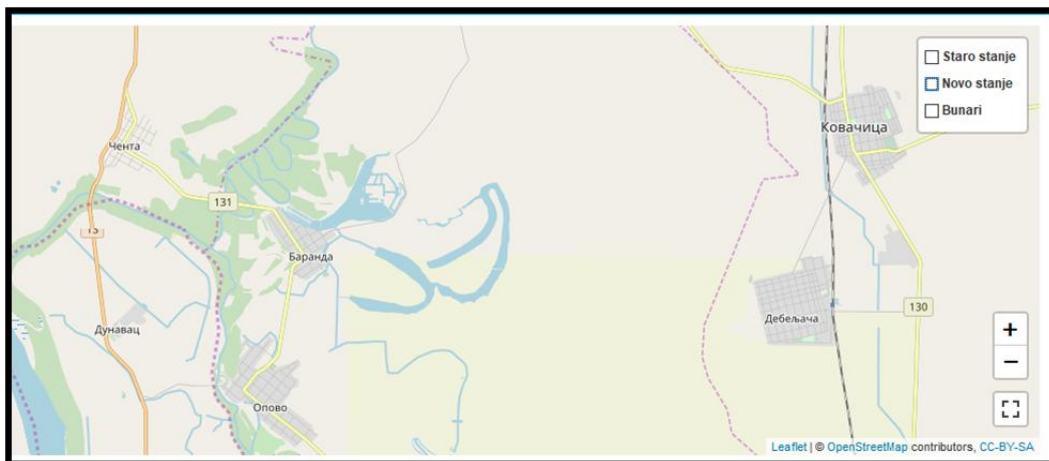
2.2 Balíček Leaflet

Leaflet patrí medzi najpopulárnejšie balíčky slúžiace na prácu s webovými mapami. Tento balíček v R prostredí uľahčuje integráciu Leaflet máp (Github, 2019). Balíček Leaflet, použitý v rámci RStudio, má viacero vlastností, ktoré slúžia na to, aby sa rozšírili možnosti použitia interaktívnych aplikácií.

V nasledujúcom texte sú uvedené iba niektoré vlastnosti, ktoré boli aktívne použité na vytváranie webovej aplikácie na poskytovanie priestorových dát:

- Výber viacerých základných máp.
- Interaktívne priblíženie / oddialenie mapového obsahu.
- Pridávanie polygónov vo formáte .shp a GeoJSON.
- Prepínanie medzi viacerými vrstvami.
- Stiahnutie kontextového okna a popis parcely (pop-up and labeling).
- Meranie obvodu a výmery parcely.

Najjednoduchší spôsob pridania mapových dlaždíc je cez funkciu `addTiles()` bez ďalších zadenfinovaných argumentov. Tým pádom sa ako základná mapa s dlaždicami pridá OpenStreetMap (obr. 7).



Obr. 7 Vzhľad základnej mapy OpenStreetMap v rámci RStudio

Ako alternatívu je možné použiť mapové dlaždice poskytovateľa tretej strany (zadarmo alebo platené), pričom sa pridajú ďalšie základne mapy použitím pluginov.

Do základnej mapy je potom možné pridať R objekty v zmysle polygónov a bodov, ktoré sú importované použitím funkcií v rámci balíčka „sp“ alebo iných zdrojov. Polygóny je ďalej možné upravovať podľa konkrétnych požiadaviek na poskytovanie dát. Tieto polygóny je možné reprezentovať iba ako samostatné línie alebo s obsahom vyfarbeným podľa konkrétnych kritérií. Integrácia Leaflet balíčka je podobná implementácii elementov Shiny balíčka. Najprv sa v časti kódu používateľského prostredia definuje „`leafletOutput()`“, kde sa vlastne definuje umiestnenie mapy v rámci používateľského rozhrania. Potom sa v rámci kódu, ktorý patrí serveru, definuje funkcia „`renderLeaflet()`“, ktorá má za úlohu poskytnúť mapu so všetkými jej pridanými miniaplikáciami. Takže s použitím `renderLeaflet` príkazu sa naspäť vráti mapový objekt. Na obr. 8 je ukázaná časť kódu pre používateľské prostredie a server, kde vstupujú Leaflet funkcie.

3. Štruktúra aplikácie v prostredí R a prezentácia výstupov

Pri prvotnom spustení aplikácie sa používateľ dostáva na hlavný panel, ktorý reprezentuje mapové prostredie KU Baranda. Súčasťou mapy sú aj spomínané dodatočné vlastnosti Leaflet balíčka, kde je používateľom dovolené, aby sa prepínali medzi viacerými vrstvami alebo zistili výmeru parciel cez použitie na to určeného nástroja. Skupinu vrstiev predstavujú polygóny starého stavu (stav pred komasáciou), polygóny nového stavu (po komasácii) a body označujúce polohu studní v rámci KU Baranda. Súčasťou mapového okna je aj nástroj na vyhľadávanie polohy parciel, kde vyhľadávacím kritériom je číslo parcely.

V dolnej časti panela sa nachádza tabuľka pridaná použitím balíčka „DT“. V tabuľke sa používateľom poskytuje informácia o výmere parciel v starom stave, ktorá sa zhoduje s informáciou v liste vlastníctva. Takto vie používateľ zistiť výmeru svojich starých parciel a súčasne prezerat polohu parciel na mape.

V postrannej lište je používateľom umožnené prepnúť sa na stránku Štátneho geodetického inštitútu v Belehrade, ktorý poskytuje viac informácií o cenách parciel v konkrétnom KÚ. Tiež je

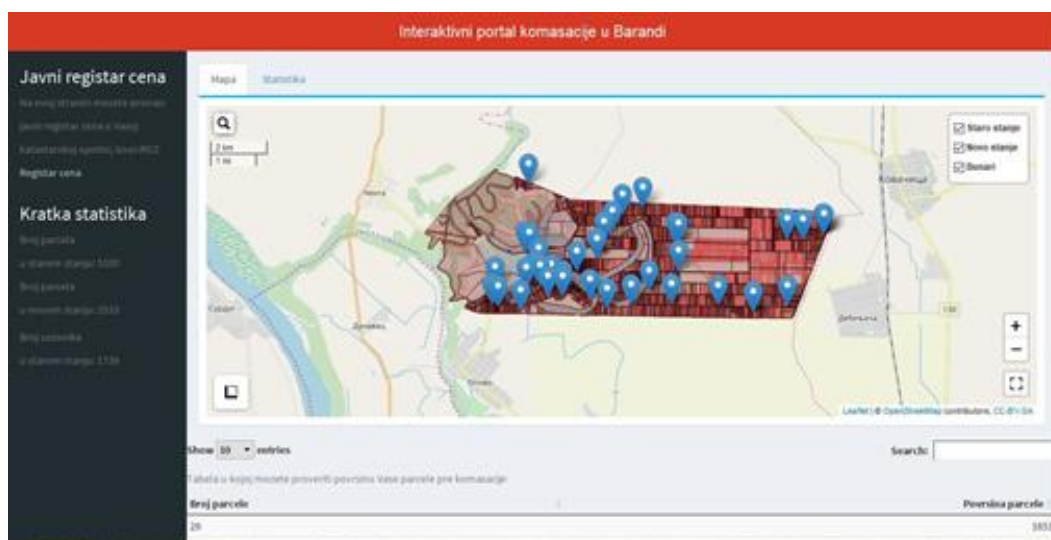
uvodená krátka štatistika o tom, koľko bolo celkovo parciel a účastníkov pred projektom komasácie a koľko je po projekte komasácie. Táto štatistika sa používa ako jedno z kritérií na posúdenie úspešnosti projektu. Na obr. 9 sa nachádza vzhľad panelu „Mapa“ s vyššie opísanými prvkami.

```
tabPanel("Mapa",
  fluidRow(
    column(12, box(height = "auto", width = "auto", solidHeader = FALSE, status = "info",
      leafletOutput("m")>% withSpinner()),

server <- function(input, output, session) {

  output$m <- renderLeaflet({
    leaflet(options = leafletOptions(zoomControl = FALSE)) %>%
      htmlwidgets::onRender("function(el, x){L.control.zoom({ position: 'bottomright' }).addTo(this)}") %>%
      addTiles(group = "OSM (default)") %>%
      setView(lng = 20.495850, lat=45.086297, zoom=12)%>%
      addPolygons(data = staro_stanje,
        weight=0.8,
        color = "#ff4d4d",
        group = "Staro stanje",
        label=broj_parce,
        popup=povrsina_p)%>%
      addPolygons(data = novo_stanje,
        weight=0.8,
        color = "#1a0000",
        group = "Novo stanje",
        label=broj_parce)%>%
```

Obr. 8 Implementácia Leaflet balíčka pre Shiny



Obr. 9 Vzhľad panelu „Mapa“ po spustení aplikácie

Vedľa hlavného panelu je vytvorený ďalší panel pod názvom „Statistika“. Tento panel slúži na to, aby informoval účastníkov o ďalších štatistických výsledkoch v projekte komasácie. Na samotnú vizualizáciu je použitý balíček „plotly“, ktorý umožňuje interaktívne reprezentovanie dát v tvare výškového grafu. Informácie, ktoré sa týmto prezentujú účastníkom sú počet parciel v starom stave podľa stanovenej kvality a počet vlastníkov, ktorý vlastní iba jednu parcelu v KÚ Baranda (obr. 10). Celková štruktúra kódu predstavenej aplikácie sa nachádza na stránke GitHub cez odkaz: <https://github.com/mimacharapp/apppp>.



Obr. 10 Vzhľad časti panelu „Statistika“

4. Diskusia k dosiahnutým výsledkom

Predložená práca poskytuje čitateľovi prehľad možností jazyka R na tvorbu webovej aplikácie prezentujúcej priestorové dáta s rozšírením o štatistické analytické nástroje. Použitie programovacieho jazyka R, (určeného najmä na štatistické výpočty) na vizualizáciu parciel a publikáciu interaktívnej aplikácie predstavuje inovatívny prístup s výhodou rýchleho vytvárania webovej aplikácie použitím balíčka Shiny. Pri vytváraní aplikácie nie je potrebná znalosť iných programovacích jazykov, lebo všetky funkcie a príkazy sú dostupné v jazyku R. V neposlednom rade je pri použití jazyka R nespornou výhodou jeho štatistické zázemie s veľkou ponukou silných analytických nástrojov. To znamená, že je v rámci webovej aplikácie možné pripojiť aj výsledky štatistických výpočtov v podobe grafov, histogramov, atď.

Vyvinutá aplikácia na poskytovanie priestorových dát v rámci komasácie pozostáva z užitočných nástrojov na vizualizáciu priestorových dát, ako aj na vykonanie jednoduchých dopytov. Vytvorená aplikácia má najväčší význam pre vlastníkov, lebo poskytuje jednoduché, ale dôležité informácie v súvislosti s komasáciou. Vlastníkovi je umožnené, aby prehľadával parcely v starom stave, použil nástroj na meranie polygónov alebo zistil cenu svojej parcely. Výsledky získané takýmto spôsobom je možné aplikovať vo všetkých oblastiach geodézie, kde je potreba priamej vizualizácie a zároveň aj analýzy konkrétnych dát. V blízkej budúcnosti je plánované používateľom umožniť prístup k podrobnejším informáciám o parcelách, ako napríklad poskytnúť údaje o vlastníkoch či vytvárať dopyty podľa osobitných požiadaviek.

Záver

Napriek štandardným webovým mapovým serverom založených na otvorenom zdrojovom kóde (napríklad GeoServer a MapServer) sa použitie R jazyka a RStudio prostredia pozitívne osvedčilo. Problematika vzhľadu aplikácie ako aj jej funkcionality bola kompletne riešená iba použitím

R programovacieho jazyka. Možnosti na použitie iných štýlovacích jazykov (napr. CSS) je možné, ale nie nevyhnutné.

Z hľadiska vlastníka má aplikácia na poskytovanie dát po komasácii za cieľ informovať o stave priebehu komasácie a parciel. Týmto spôsobom sú vlastníkom poskytnuté aktuálne informácie. Navrhnutá aplikácia bola testovaná z hľadiska používateľských požiadaviek na vzorovej skupine vybraných používateľov a ich pripomienky boli zapracované do výsledného návrhu. Vytvorená aplikácia zatiaľ nebola publikovaná v rámci voľne dostupného serveru shinyapps.io alebo na iných serveroch. Hlavným dôvodom je existencia citlivých osobných údajov o vlastníkoch v rámci použitej databázy, ktoré by týmto spôsobom boli zverejnené. Až po písomnom schválení firmy MapSoft, ktorá poskytnula zdrojové dáta, bude možná publikácia aplikácie.

Podakovanie: Príspevok bol vypracovaný za podpory grantovej výskumnej úlohy VEGA 1/0682/16.

Literatúra

- Comprehensive R Archive Network (2019). [online] [cit. 2019-04-07]. Dostupné na: <http://cran.r-project.org/>
- Data Science: Theories, Models, Algorithms, and Analytics (2017). [online] [cit. 2019-04-07]. Dostupné na: <https://srds.github.io/MLBook/>
- Github (2019). *Leaflet for R* [online] [cit. 2019-04-09]. Dostupné na: <https://rstudio.github.io/leaflet/>
- HARTVIGSEN, M. (2014). Land reform and land fragmentation in Central and Eastern Europe. *Land Use Policy*, 36, 330-341, ISSN 0264-8377, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.08.016>.
- LISEC, A., PRIMOŽIČ, T., FERLAN, M., ŠUMRADA, R., DROBNE, S. (2014). Land owners' perception of land consolidation and their satisfaction with the results – Slovenian experiences. *Land Use Policy*, 38, 550-563, ISSN 0264-8377, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.01.003>.
- Microsoft (2019). *Microsoft® SQL Server® 2012 Express* [online] [cit. 2018-02-02]. Dostupné na: <https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=29062>
- PostgreSQL (2019). *PostgreSQL: The World's Most Advanced Open Source Relational Database* [online] [cit. 2019-02-02]. Dostupné na: <https://www.postgresql.org/>
- QGIS (2019). *QGIS: A Free and Open Source Geographic Information System* [online] [cit. 2018-02-08]. Dostupné na: <https://qgis.org/en/site/>
- R project for statistical computing (2019) [online] [cit. 2019-04-07]. Dostupné na: www.r-project.org/about.html
- RStudio (2019). [online] [cit. 2019-04-07]. Dostupné na: www.rstudio.com/products/rstudio/
- SCHMIDT, D. (2011). *How Much of R is Written in R?, Wrathematics* [online] [cit. 2019-04-07]. Dostupné na: <https://web.archive.org/web/20170704150729/https://wrathematics.github.io/2011/08/27/how-much-of-r-is-written-in-r/>

S u m m a r y

Web application for providing data gathered by land consolidation

Land consolidation is a process of aggregation of several parcels with small area, from the same owner (or multiple owners of the same parcel) to reduce total number of parcels within a particular cadastral district. The aim of such a procedure is not only to improve agricultural production, but also to improve the environment. The aim of this paper is to show the process of developing an application created using an open-source programming language R together with object-relational open-source database system PostgreSQL/PostGIS. R is a modern programming language, which enables user to manipulate with vector and raster data packages. Spatial data representation and interactivity is provided while using packages (Shiny and Leaflet) within the R environment.

The most frequently used user interface for R language is RStudio. RStudio represents the Integrated Development Environment (IDE) for R. Inside of RStudio it is possible to write and execute code, to search for files within a working directory or to find a help within a package handling (Fig. 1). Frequently used RStudio functions are part of different packages. These functions are available for free and created by wide community of users. There are 14,000 packages ready to be downloaded and used within R, with a hundreds of features included.

The application for providing data during land consolidation is developed by using only RStudio environment, R Shiny and R Leaflet packages. This means that the overall processing and displaying data is handled in the second part of the app.R file, which is server side. The input data, as well as the initial database

were provided by the company MapSoft from Belgrade (Serbia) within the Microsoft SQL Server 2012 relational database system. The initial database contained data from the cadastral district of Baranda (Serbia). Fig. 5 represents a schema of the process of the application development.

When the application is initially launched, the user gets to the main panel, which represents the map environment of the cadastral district of Baranda. The group of layers is represented by the polygons state before the process of land consolidation, the polygons state after land consolidation and the points indicating the location of the wells, within the cadastral district of Baranda. Fig. 6 shows the appearance of the “Map” panel with the previously described elements. Next to the “Map” panel, an additional panel is placed called “Statistics”. This panel is used to inform owners of parcels of additional statistical results in the land consolidation project (Fig. 7).

Despite standard open-source web servers (such as GeoServer and MapServer), R has proven to be easily accessible and efficient because of the large community of users involved in developing the quality features. On the other hand, the use of the R programming language (designed mainly for statistical calculations) to visualize parcels and publish an interactive application is an innovative approach with the advantage of rapidly creating a web application using the Shiny package. The R environment is a powerful statistical tool, which could be considered as the additional advantage. This means that it is also possible to include the results of statistical calculations in the form of graphs, histograms, etc. within the web application. The created application is of utmost importance to the owners of the parcels, because it provides basic but useful and important information in relation to the process of land consolidation.

Fig. 1 The geographical location of Baranda (source: maps.google.com)

Fig. 2 The relational model of the designed database

Fig. 3 Example of query

Fig. 4 Schematic procedure of application solution

Fig. 5 Appearance of RStudio environment

Fig. 6 List of packages used within the proposed application

Fig. 7 Appearance of OpenStreetMap within RStudio

Fig. 8 Implementing the Leaflet package for Shiny

Fig. 9 Appearance of the “Map” panel when the application is launched

Fig. 10 Appearance of the “Statistics” panel

Prijaté do redakcie: 5. mája 2019

Zaradené do tlače: jún 2019