



VII International Symposium
NEW HORIZONS 2019
of transport and communications
29 - 30 November

University of East Sarajevo
Faculty of Transport and Traffic Engineering Doboj



PROCEEDINGS



NEW HORIZONS 2019

VII International Symposium NEW HORIZONS 2019
of Transport and Communications

VII Međunarodni simpozijum NOVI HORIZONTI 2019
saobraćaja i komunikacija

Organizer/Organizator:

University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Dobož

Co-organizers/Suorganizatori:

Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade,

Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad,

Faculty of Technical Sciences Bitola, University of St. Kliment Ohridski i

Department of Engines, Vehicles and related Technologies, Institute of Nuclear Sciences VINČA,
University of Belgrade.

PROCEEDINGS/ZBORNİK RADOVA

- NH 2019 -

Edited by:

PhD Zoran Čurguz

PhD Bojan Marić

MSc Vladimir Malčić

MSc Radenka Bjelošević

Dobož, 2019.



SPATIAL ACCESSIBILITY ANALYSIS OF HEALTH CARE FACILITIES IN SERBIA

ANALIZA PROSTORNE PRISTUPAČNOSTI ZDRAVSTVENIM USTANOVAMA U SRBIJI

Jovan Kovačević^a, Nikola Stančić^a, Željko Cvijetinić^a, Dragan Mihajlović^a, Nenad Brodić^a

^a University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering, Bulevar kralja Aleksandra 73, Beograd 11000, Serbia, jkovacevic@grf.bg.ac.rs, nstancic@grf.bg.ac.rs, zeljoc@grf.bg.ac.rs, draganm@grf.bg.ac.rs, nbrodic@grf.bg.ac.rs

Abstract: One of the dimensions describing accessibility to health services is its spatial component. This paper presents the methodology of using GIS technologies for the analysis of existing locations of health institutions in Serbia. The methodology includes determining the coordinates of hospitals using the geotagging, on the basis of which isochrons are created with 10 minutes time interval. For that purpose, the road network and functionalities provided by HERE Maps and its APIs are used. This service is selected since it offers high quality and complete data related to the network of roads in the territory of interest. Taking demographic data into account, the goal is to examine the impact that the distribution of institutions has on the population, first of all as the percentage of the population living at a certain distance from the nearest institution. The obtained results can be significant for future development, as critical spots with poor accessibility can be identified. These locations are suitable for the construction of new health care facilities.

Key words: Geographic information systems, geotagging, isochrones, HERE Maps

Apstrakt: Jedna od dimenzija koje opisuju pristupačnost zdravstvenim uslugama jeste prostorna komponenta. U ovom radu je predstavljena metodologija korišćenja GIS tehnologija za potrebe analize postojećih lokacija zdravstvenih ustanova u Srbiji. Metodologija obuhvata određivanje koordinata bolnica u postupku geotagovanja, na osnovu kojih se kreiraju izohrone s vremenskim intervalom od 10 minuta. Tom prilikom se koriste putna mreža i funkcionalnosti koje pruža HERE Maps u okviru svojih API-ja. Ovaj servis je odabran zato što nudi kvalitetne i kompletne podatke koji se odnose na mrežu saobraćajnica teritorije od interesa. Uzimajući u obzir demografske podatke, cilj je sagledavanje uticaja rasporeda ovih ustanova na stanovništvo, najpre u pogledu procenta stanovništva koji živi na određenoj udaljenosti od najbliže ustanove. Dobijeni rezultati mogu biti značajni za budući razvoj, s obzirom na to da se mogu utvrditi kritična mesta na kojima je pristupačnost loša. Upravo te lokacije jesu pogodne za izgradnju novih zdravstvenih ustanova.

Ključne riječi: Geografski informacioni sistemi, geotagovanje, izohrone, HERE Maps

1. UVOD

Zdravstvena zaštita predstavlja jedan od najvažnijih aspekata u pogledu razmatranja kvaliteta života i socijalnog blagostanja modernog društva (Rekha i dr., 2017). S tim u vezi, pristupačnost zdravstvenim ustanovama u vidu relativno jednostavnog dolaska do njih ima veliki značaj, naročito u hitnim situacijama. U istraživanjima kvaliteta zdravstva, pristupačnost se često posmatra kao višedimenzioni pojam (Penchansky i Thomas, 1981). Poslednjih decenija se među značajne dimenzije koje opisuju pristupačnost zdravstvenim uslugama uvrstila i prostorna komponenta. Prostorna ili geografska pristupačnost definiše se kao lakoća kojom stanovnici određenog područja mogu doći do zdravstvenih usluga (Hewko i dr., 2002), tj. zdravstvenih objekata. Ovo se prvenstveno odnosi na ruralna područja, gde dostupnost i blizina zdravstvenih ustanova pozitivno utiče na njihov opstanak i održivost.

Budući da su za ocenu prostorne pristupačnosti zdravstvenim ustanovama neophodne njihove lokacije, ovi podaci poseduju i prostorne karakteristike. Ovde svoje mesto pronalaze geografski informacioni sistemi (GIS), kao kompjuterski bazirani informacioni sistemi usko specijalizovani za rad s geoprostornim podacima. Najčešći pristupi za definisanje geografske pristupačnosti zasnivaju se na prostornoj udaljenosti ili vremenu putovanja do najbliže ustanove (Talen i Anselin, 1998). U osnovi metoda koje se koriste za izražavanje i određivanje ove

dimenzije pristupačnosti mogu se prepoznati neke od uobičajenih GIS analiza. Geografski informacioni sistemi, sem geometrijske predstave podataka, razumeju i njihove međusobne odnose, tj. njihova topološka svojstva. Ovi informacioni sistemi koriste mrežne modele i različite vrste grafova, pa su zahvaljujući svojim modulima za transportne probleme pogodni za rad s mrežom saobraćajnica.

Pretpostavka koja se uvodi u ovom radu jeste da su svi stanovnici određenog područja potencijalni korisnici zdravstvenih usluga i da će, u slučaju potrebe za hitnom medicinskom pomoći, ta pomoć biti pružena od strane najpogodnije zdravstvene ustanove. Pod najpogodnijom zdravstvenom ustanovom se misli na ustanovu do koje je potrebno najmanje vremena vožnje automobilom po postojećoj saobraćajnoj infrastrukturi. Za modelovanje putne mreže se koristi potpuni usmereni graf. Na raspolaganju su brojni veb-servisi koji pružaju interaktivne digitalne karte. Jedna od karakteristika ovih servisa je da poseduju sloj s putevima različitih kategorija, od auto-puteva do puteva najnižeg ranga, uključujući i propratna pravila koja postoje u saobraćaju, poput indikatora jednosmernosti ulica. Takođe, ovi servisi imaju implementirane algoritme kombinatorne optimizacije, poput problema najkraćeg puta ili problema trgovačkog putnika. Pomoću njih se dobijaju informacije o vremenu putovanja kroz mrežu između zadatih lokacija.

Osnovna primena dobijenih rezultata prostorne pristupačnosti može biti identifikacija područja iz kojih je dolazak do zdravstvenih ustanova radi pružanja hitne medicinske intervencije otežan i vremenski zahtevniji. Dobijanje informacija o kritičnim mestima s lošijom pristupačnošću je od velikog značaja za planiranje otvaranja novih zdravstvenih ustanova. Iz svega pomenutog se vidi kompleksnost ovog problema i kako njegovo rešenje mora da bude multidisciplinarno, obuhvatajući saobraćaj, zdravstvo i geoinformatiku.

2. PRIKUPLJANJE PODATAKA

Osnova za utvrđivanje stanja po pitanju prostorne pristupačnosti zdravstvenim ustanovama na teritoriji Republike Srbije jesu lokacije tih ustanova. U skladu s tim, najpre je potrebno pribaviti podatke o koordinatama svih bolnica, domova zdravlja i ambulanti. Zbog svoje prirode, ali i potreba zadatka, svaku ustanovu je najpogodnije predstaviti setom dveju koordinata (longituda λ i latituda φ), odnosno kao tačkasti entitet. Za koordinatni sistem je odabran svetski geodetski sistem *WGS84*. Dodatno, svaka lokacija mora da ima jedinstveni identifikator, kolonu s nazivom ustanove i kolonu s tipom ustanove.

U radu su korišćeni podaci o zdravstvenim ustanovama dobijeni iz različitih izvora. Inicijalna ideja je bila da se za kompletan proces koriste servisi *HERE Maps*-a. Ovaj servis koji je originalno razvila finska kompanija *Nokia* pruža veb-karte i različite lokacijski bazirane servise od kojih se izdvajaju usluge geokodiranja, navigacije i rutiranja, praćenja stanja saobraćaja u realnom vremenu, a u razvoju je i tehnologija podrške autonomnim vozilima. Funkcionalnosti su organizovane u *API*-je (engl. *Application Programming Interface – API*), od kojih svaki služi za definisanje načina zadavanja pojedine komande i načina komunikacije s aplikacijom. Iz praktičnog ugla, *API* predstavlja interfejs za korišćenje servisa sistema ili biblioteke.

Nakon što je utvrđeno da podaci dobijeni iz *HERE* servisa nisu kompletni, njihova dopuna je izvršena servisima *OpenStreetMap Nominatim* i *Google Maps*.

2.1 HERE Maps

Za potrebe iznalaženja lokacija zdravstvenih ustanova u Srbiji u radu je korišćena funkcionalnost *HERE Places API*. Pomoću nje je potrebno izvršiti standardni GIS postupak geokodiranja. Geokodiranje je proces određivanja koordinata tačke na osnovu zadatih reči, obično adrese ili naziva prostornog entiteta. Obrnuti postupak, tj. određivanje adrese na osnovu zadatih koordinata, naziva se reverzno geokodiranje. Premda je za geokodiranje uobičajeno da postoji unapred poznat spisak adresa, u ovom radu je pristup bio nešto drugačiji. S obzirom na to da digitalizovani entiteti unutar podataka *HERE* veb-karte poseduju atribut koji se odnosi na njihovu kategoriju, pretraga je moguća i po ovom kriterijumu. Prema dokumentaciji koja je dostupna na zvaničnom veb-sajtu, vrednost atributa *Category* koja odgovara zdravstvenim ustanovama je *hospital-health-care-facility*, pa je ova vrednost upisana u odgovarajuće polje.

Međutim, uočeno je da postoji parametar koji je neophodno uneti, a to su granice za pretraživanje. *API* nudi dva načina zadavanja ovog parametra, preko četiri koordinate koje formiraju minimalni obuhvatni pravougaonik ili preko dveju koordinata i poluprečnika, čime se formira krug oko zadate lokacije. Kao dodatna poteškoća javlja se i ograničenje po pitanju broja rezultata koji mogu biti vraćeni u okviru jednog zahteva. Za besplatno korišćenje ovog servisa postoji ograničenje od 100 jedinstvenih rezultata pretrage jednog područja, što za potrebe rešavanja ovog zadatka nije dovoljno. Iz tog razloga je područje od interesa (teritorija Srbije)

pokriveno gridom tačaka koje se nalaze na jednakom rastojanju, gde svaka tačka treba da predstavlja centar kruga za pretragu. Korišćen je softver otvorenog koda *QGIS* i njegova komanda *Regular Points*. Rastojanja između tačaka su određena proizvoljno, ali tako da budu dovoljno mala kako bi postojalo preklapanje krugova i kako bi sve zdravstvene ustanove bile obuhvaćene njima. Zbog projekcije *WGS84*, vrednosti su izražene u lučnim stepenima. Tačke su međusobno udaljene 0,045 stepeni (približno 5 km), dok je u Beogradu, Novom Sadu i Nišu, gde se očekuje veća gustina rezultata, za rastojanje centara uzeto 0,015 stepeni, što je približno 1,67 km. Ukupan broj lokacija za pretragu je 6 489.

Kako pretraga ne bi bila vršena manuelno sa svih lokacija, napisan je skript u programskom jeziku *R*. Unutar skripta se za svaku lokaciju kroz petlju kreiraju i šalju zahtevi, jedan po jedan. Odgovori *HERE Places API*-ja se dobijaju u tekstualnom *JSON* formatu. Ove odgovore je potrebno iščitati, sistematizovati u jedan *data frame* koji ima tabelarnu formu i, na kraju, izvesti u neki lako čitljivi tekstualni format. Raščlanjivanje ili parsiranje (engl. *parsing*) odgovora se vrši specijalizovanom funkcijom za rad s *JSON* notacijom i svaki prostorni entitet koji ispunjava uslov da pripada kategoriji *hospital-health-care-facility* se smešta u zaseban red *data frame*-a. Ovakav spisak u formi tabele neizbežno sadrži iste zdravstvene ustanove više puta, te je duplikate neophodno ukloniti pogodnom funkcijom i tako dobijeni spisak izvesti u *CSV* format.

Pregledom dobijenih rezultata, primećuje se da se među nazivima nalaze i brojni neželjeni entiteti. U pitanju su različite stomatološke ordinacije, očne klinike, specijalizovane bolnice koje ne pružaju hitnu pomoć, apoteke, laboratorije, kao i zdravstvene ustanove koje pružaju hitnu medicinsku pomoć, ali se nalaze u susednim državama. Ove entitete je potrebno na neki način ukloniti, s obzirom da nisu relevantni. To je učinjeno manuelno, nakon što su prikupljeni svi potrebni podaci. Pored toga, njihovom vizualizacijom u softveru *QGIS* i preklapanjem s osnovnom kartom uočavaju se nelogičnosti, u smislu da nedostaju pojedine zdravstvene ustanove i u relativno većim naseljima, gde zasigurno postoje.

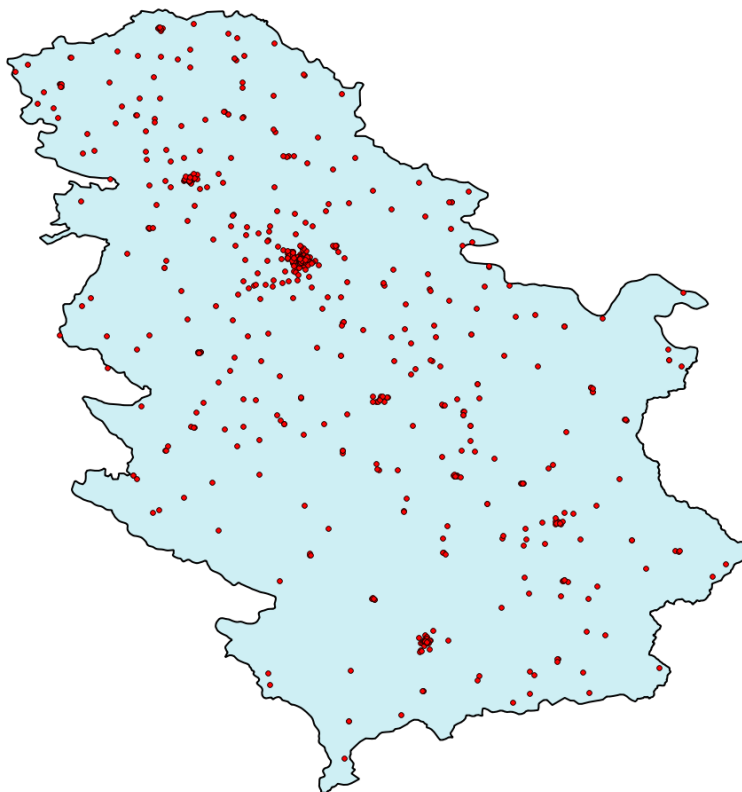
2.2 OpenStreetMap

Nekompletnost dobijenih rezultata može se nadoknaditi podacima koje nudi *OpenStreetMap*, kroz njegov servis *Nominatim*. *OpenStreetMap* (skraćeno *OSM*) je projekat virtualne zajednice čija je ideja razvoj i distribucija besplatnih prostornih podataka koji su na raspolaganju svima i koje svako može da uređuje i koristi za svoje potrebe. Kvalitet podataka *OSM*-a se može uporediti s kvalitetom koji poseduju komercijalni servisi, s tim što treba imati na umu da kvalitet i detaljnost podataka zavise i od korisnika koji su ih kreirali. Ove podatke takođe prati odgovarajuća klasifikacija. Po njoj, entiteti koje treba izdvojiti opisuju *OSM* tagovi s vrednošću *healthcare=hospital* (za bolnice) i *healthcare=doctor* (za ustanove privatne prakse). Primetno je da su entiteti iz ciljne klase pronađeni preko *OpenStreetMap* servisa malobrojniji u odnosu na rezultate servisa *HERE Places*. Opravdanje leži u tome što *OSM* u potpunosti zavisi od dobrovoljaca koji samostalno unose prostorne podatke, što može dovesti do variranja u pokrivenosti i kompletnosti podataka u zavisnosti od lokacije. Ova pojava je primetna, recimo, u manjim naseljima.

Podaci o ustanovama dobijenim iz ova dva izvora spojeni su u jedinstveni spisak. U opštem slučaju, ovim spajanjem će se dobiti da se određene zdravstvene ustanove pojavljuju više puta. Najjednostavniji način za identifikovanje duplikata jeste provera njihove lokacije. Napisan je kratak skript u kojem su najpre sve lokacije sortirane po jednoj od koordinata, a zatim je preko razlike koordinata i standardne formule za računanje rastojanja sračunato koliko je vazdušnom linijom udaljen svaki par bliskih lokacija. Za par lokacija čije je međusobno rastojanje manje od logičnog (u situaciji kada bi to bile različite zdravstvene ustanove), zaključuje se da se obe lokacije odnose na istu ustanovu. Stoga jednu od njih treba ukloniti, a kao provera se koriste nazivi ovih ustanova. Prolaskom kroz sve parove se obezbeđuje da više ne postoji dupli entiteti.

2.3 Google Maps

Na kraju, sa ciljem da se proveriti sveobuhvatnost spiska dobijenog servisima *HERE* i *OSM*, iskorišćen je javni dokument „Uredba o planu mreže zdravstvenih ustanova“. Ova uredba sadrži i tabelu teritorijalnog rasporeda zdravstvenih ustanova u Republici Srbiji u kojoj su popisane sve državne bolnice, ambulante i domovi zdravlja. Razlog zbog kojeg spisak iz ove uredbe nije još na početku preuzet jeste pre svega to što taj spisak obuhvata samo zdravstvene ustanove koje su u državnom vlasništvu. Upoređivanjem je utvrđeno da u spisku nedostaju pojedini domovi zdravlja i ambulante u manjim naseljima. Kako je njihov broj bio relativno mali, koordinate ovih tačaka su dobijene ručnom pretragom, pomoću funkcionalnosti za geokodiranje koji nudi najpopularniji servis za veb-karte *Google Maps*. Novodobijeni tačkasti entiteti su dodati u spisak, zajedno sa svojim koordinatama, nazivima i pripadajućim tipovima.



Slika 1. Pregled lokacija zdravstvenih ustanova na teritoriji Republike Srbije [vizuelizacija u QGIS-u]

Konačni spisak lokacija ustanova koje pružaju hitnu medicinsku pomoć koji je prikupljen pomoću servisa *HERE Maps*, *OpenStreetMap* i *Google Maps* nakon uklanjanja suvišnih entiteta sadrži 604 jedinstvene lokacije. Njihov prostorni raspored dat je na *Slici 1*.

3. KREIRANJE IZOHRONA

Izohrone (grč. *ίσος* = isto, jednako i *χρόνος* = vreme) se definišu kao linije na karti koja povezuje tačke do kojih se stiže u isto vreme ili za jednaki vremenski period, gledajući u odnosu na izabranu lokaciju. U planiranju transporta, izohrone se obično koriste za prikazivanje područja s jednakim vremenom putovanja. Računanje izohrona kao rezultat daje poligone koje predstavljaju površinu koja pokriva sve lokacije do kojih se može stići za definisano vreme, krećući se odabranim prevoznim sredstvom. Drugim rečima, ova površina se može nazvati domet (za vozila) ili prohodnost (za osobu).

Koristeći prethodno prostorno određene lokacije zdravstvenih ustanova, kreirane su izohrone s vremenskim intervalom od 10 minuta. Rezultujuću kartu čini sedam klasa, gde klase od 1 do 6 odgovaraju vremenima putovanja od 10, 20, 30, 40, 50 i 60 minuta, redom. Preostala sedma klasa odnosi se na područja koja se nalaze na više od 60 minuta vožnje. Iako je prethodno utvrđeno da spiskovi lokacija koji su bili dobijeni servisima *HERE Maps*, odnosno kombinacijom *HERE Maps* i *OpenStreetMap* nisu kompletni, da bi se ovi servisi uporedili, pomenute klase izohrona biće kreirane za sva tri seta podataka o lokacijama zdravstvenih ustanova. Postupak računanja izohrona je identičan za sve tri kombinacije, odnosno jedina razlika je spisak lokacija koji se koristi.

Generalno, najveći izazov prilikom generisanja karte izohrona je što njen kvalitet u velikoj meri zavisi od kvaliteta mreže saobraćajnica koja se koristi za određivanje vremena putovanja. U slučajevima kada područje od interesa pokriva teritoriju čitave države (kao što to jeste u ovom radu), korišćenje putne mreže otvorenog koda koju svako može da uređuje, poput *OpenStreetMap* podataka, može biti problematično. Kao što je pokazano u delu rada u kojem je vršena pretraga zdravstvenih ustanova među *OSM* podacima, prilikom rada s ovim podacima može se pojaviti problem s kompletnošću, tačnošću i ažurnošću podataka. U kontekstu rada, ovaj problem može da se manifestuje nedostatkom pojedinih sporednih puteva u Srbiji, što može biti da ima veliki uticaj na rezultujuće izohrone. Zbog toga je odlučeno da se za izradu karte izohrona koristi komercijalni servis *HERE* i njegov *API* za rutiranje *HERE Routing API*. Ideja je da je očekivano da se prethodno navedeni problemi pojavljuju u mnogo manjem obimu za podatke putne infrastrukture ovog servisa. Takođe, *HERE Maps* servis

ima veoma dobru pokrivenost saobraćajnicama na teritoriji Republike Srbije, što se može uvideti i kroz jednostavnu vizuelizaciju podataka na zvaničnoj veb-strani.

API za rutiranje *HERE Routing API* poseduje funkciju `calculateisoline`, koja je specijalizovana za računanje izohrona. Ova funkcija zahteva određeni set vrednosti ulaznih parametara, a u radu su upotrebljeni:

- podaci za autentifikaciju (`app_id` i `app_code`);
- koordinate početne pozicije u odnosu na koju se računa izohrona (`start`);
- mod, tj. režim kojim se opisuje način određivanja izohrone, kao i indikator o tome da li se u okviru optimizacije rute koriste podaci o saobraćaju u realnom vremenu ili ne (`mode`);
- domet rute (`range`);
- kriterijum dometa (rastojanje, vreme, potrošnja resursa) (`rangetype`).

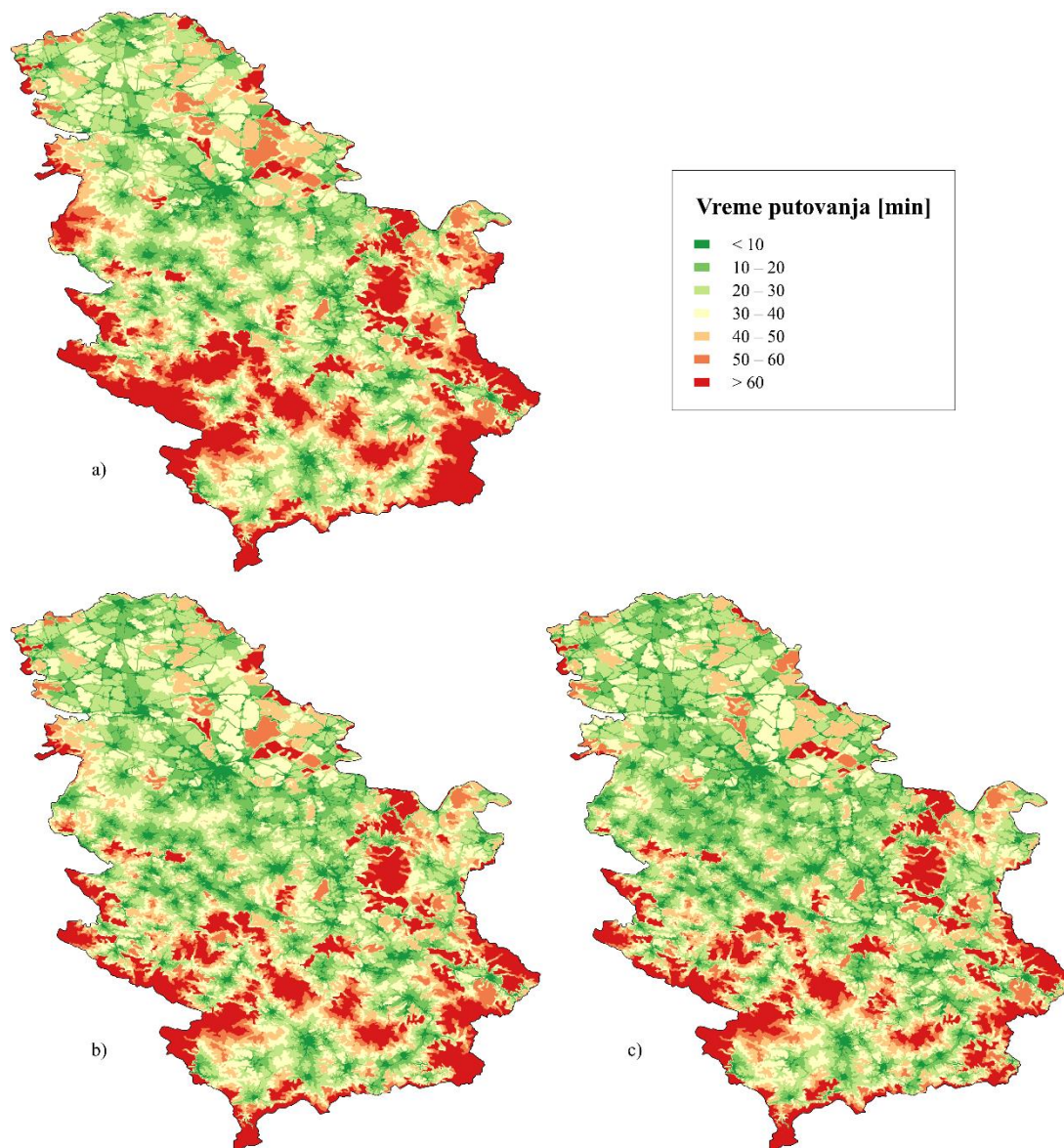
Podaci za autentifikaciju (`app_id` i `app_code`) pribavljeni su kroz licencu od 90 dana koja je besplatna varijanta za korišćenje servisa za rutiranje, a koja zadovoljava potrebe ovog rada. Za parametar lokacija za računanje izohrona (`start`), korišćene su prostorno određeni entiteti koji se odnose na zdravstvene ustanove. Od načina određivanja izohrone (`mode`), na raspolaganju se nalaze najbrži ili najkraći put. Odabrano je da se koristi najbrži put (`fastest`), dok je za prevozno sredstvo odabran automobil (`car`). S obzirom na to da na području Srbije trenutno ne postoje podaci o opterećenosti saobraćajnica dostupni u realnom vremenu, za vrednost indikatora `traffic` moralo se uzeti `disabled`. Konačna vrednost parametra `mode` je `fastest;car;traffic:disabled`.

Za domete ruta (`range`), uzeti su prethodno definisani opsezi koji odgovaraju vremenima putovanja od 10, 20, 30, 40, 50 i 60 minuta. Shodno tome, za kriterijum dometa (`rangetype`) je odabrano vreme putovanja. Kreirano je po šest izohrona za svaku lokaciju. Naredni korak jeste da se izohrone koje predstavljaju jednake vremenske intervale vožnje spoje u jedan, čime treba da se dobiju šest jedinstvenih poligona izohrona. Spajanje se vrši u okviru softvera *QGIS*, pomoću njegove komande *Dissolve*. Posle spajanja, svaki od izlaznih poligona treba odseći slojem koji predstavlja granice Srbije, kako bi se eliminisali delovi koji nisu od interesa. Za ovo se koristi funkcionalnost *QGIS*-a *Clip*. Preostali deo teritorije Srbije koji nije pokriven ovim klasama predstavlja područje do kog je, krećući se po postojećim saobraćajnicama, potrebno više od sat vremena od zdravstvenih ustanova. Ovo područje treba smestiti u poslednju klasu s *ID*-jem 7. Ponovo su iskorišćene operacije u *QGIS*-u, konkretno komanda *Merge vector layers*. Dobijene karte s izohronama mogu se videti na sledećim slikama, a površine izohrona u Tabeli 1.

Površine su sračunate u UTM 34N zoni.

Tabela 1. Teritorija koji pripada svakoj od generisanih klasa izohrona

Izohrona [min]	HERE Maps		HERE Maps + OpenStreetMap		HERE Maps + OpenStreetMap + Google Maps	
	Površina [km ²]	%	Površina [km ²]	%	Površina [km ²]	%
< 10	3506,47	3,94	4837,55	5,44	5743,08	6,46
< 20	16617,06	18,70	21376,71	24,05	24877,94	27,99
< 30	35563,29	40,01	42239,56	47,52	46397,99	52,20
< 40	52662,74	59,25	59316,05	66,73	61584,39	69,29
< 50	64726,84	72,82	70272,90	79,06	71975,52	80,98
< 60	72776,82	81,88	76502,69	86,07	77880,46	87,62

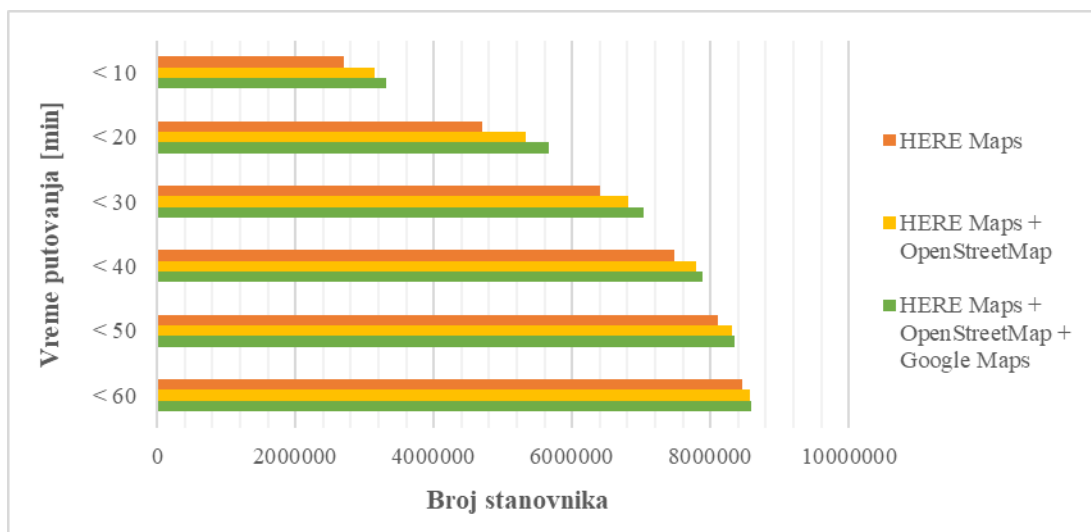


Slika 2. Karta izohrona za lokacije zdravstvenih ustanova prikupljenih servisima:
 a) HERE Maps; b) HERE Maps i OpenStreetMap; c) HERE Maps, OpenStreetMap i Google Maps
 [vizuelizacija u QGIS-u]

4. DEMOGRAFSKA ANALIZA PROSTORNE PRISTUPAČNOSTI

Pregled izohrona na prethodnim slikama može da pruži samo vizuelni utisak o kvalitetu pokrivenosti teritorije Srbije zdravstvenim ustanovama. Kvalitetnija analiza treba da obuhvati i demografske podatke, sa ciljem da se sagleda uticaj rasporeda ovih ustanova na stanovništvo. Parametar koji se koristi jeste procentualni udeo stanovništva koji živi na određenoj udaljenosti od najbliže ustanove. Ova udaljenost je izražena kroz vreme putovanja do ustanova i koriste se prethodno dobijene klase izohrona s intervalom od 10 minuta.

Deo stanovništva koji živi na određenim udaljenostima od zdravstvenih ustanova može biti izražen u apsolutnim vrednostima (broju stanovnika) ili procentualno. Određivanje ovih vrednosti moguće je preklapanjem poligona desetominutnih izohrona s podacima u rasterskom formatu o broju stanovnika ciljne teritorije. Odabrani su podaci koje nudi Centar za međunarodnu informacionu mrežu geonauka (engl. *Center for International Earth Science Information Network – CIESIN*) koji postoji pri Univerzitetu Kolumbija. Ovi rasteri su generisani na osnovu nacionalnih popisa i drugih registara i, uz registraciju, dostupni su za slobodno preuzimanje. Sa zvanične veb-strane je preuzeta rasterska datoteka za najažurniju epohu (2015. godinu) i najveće raspoložive prostorne rezolucije od 30 lučnih sekundi (približno 1 km). *Slika* daje prikaz uticaja rasporeda ustanova na stanovništvo kroz apsolutni broj stanovnika, dok su u *Tabeli 2* izraženi procentualni udeli svake klase.



Slika 3. Broj stanovnika u zavisnosti od vremena putovanja do najbliže zdravstvene ustanove

Tabela 2. Procentualni udeo stanovništva koji pripada svakoj od generisanih klasa izohrona

Izohrona [min]	HERE Maps		HERE Maps + OpenStreetMap		HERE Maps + OpenStreetMap + Google Maps	
	%	Kumulativno	%	Kumulativno	%	Kumulativno
< 10	29,98	29,98	34,83	34,83	36,78	36,78
10 – 20	22,15	52,13	24,35	59,18	25,98	62,76
20 – 30	18,86	70,99	16,28	75,46	15,25	78,02
30 – 40	11,87	82,86	10,99	86,45	9,40	87,41
40 – 50	7,03	89,89	5,65	92,09	5,15	92,56
50 – 60	3,94	93,83	2,88	94,97	2,72	95,28
> 60	6,17	100,00	5,03	100,00	4,72	100,00

Korišćeni podaci o demografiji centra *CIESIN* se odnose na čitavu teritoriju Republike Srbije, uključujući i AP Kosovo i Metohiju. Ukupan broj stanovnika ove teritorije, po ovim podacima, iznosi 9 015 995. Na osnovu prikazanih tabela i slika, evidentno je da samo lokacije prikupljene pomoću sva tri veb-servisa mogu biti smatrane relevantnim i približno istinitim spiskom lokacija zdravstvenih ustanova. Ne uzimajući u obzir lokacije koje servisi *HERE Maps* i *OSM* ne poseduju u svojim bazama, rezultati se jasno pogoršavaju. Zbog toga, u sklopu analize teritorijalne pokrivenosti izohronama i uticaja koje one imaju na stanovništvo treba diskutovati samo o rezultatima iz poslednjih kolona. Svakako treba naglasiti da u ovom spisku od 604 lokacije sasvim verovatno nedostaju još neke bolnice, ambulante i domovi zdravlja, najpre iz domena ustanova privatne prakse.

Govoreći o delu teritorije Srbije koje pokrivaju generisane izohrone, rezultati ukazuju na to da manje od 7 procenata teritorije ima pristup zdravstvenim ustanovama za vreme manje od 10 minuta, što na prvi pogled može biti protumačeno i kao alarmantan podatak. Međutim, uzevši u obzir da u ovu klasu uglavnom upadaju najnaseljeniji gradovi, situacija nije kritična. Ovo potkrepljuje i podatak da vožnjom po postojećim putevima kraćom od deset minuta više od trećine stanovnika (skoro 37%) može stići do najbliže ustanove. Ako se pretpostavi da razumno vreme putovanja do zdravstvene ustanove u hitnim situacijama iznosi do 30 minuta, u zadovoljavajućoj zoni se nalazi nešto preko polovine teritorije Srbije, a u tom području živi bezmalo 80 odsto stanovništva.

Dodatno, polazeći od pretpostavke da je putovanje od preko jedan sat do najbliže ustanove koja pruža hitnu medicinska pomoć neprihvatljivo, rezultati govore da veoma lošu pokrivenost ima gotovo osmina teritorije Srbije (cca. 11 000 km²). Reč je gotovo isključivo o planinskim predelima na jugu, istoku i jugozapadu zemlje, kao i na teritoriji KiM (na kojoj lokacije ustanova treba posebno uzeti s rezervom). Ovo najugroženije područje naseljava približno 425 000 stanovnika, što je procentualno ispod 5 posto ukupnog stanovništva Srbije.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

U ovom radu je ispitivan nivo pristupačnosti zdravstvenim ustanovama koji postoji u Republici Srbiji, s akcentom na njenoj prostornoj komponenti i ulozi koju geoinformatika u ovoj tematici može da ima. Sagledane su mogućnosti nekoliko često korišćenih veb-servisa koji nude interaktivne digitalne karte. Istraživanje je originalno zamišljeno tako da u celosti bude pokriveno servisima *HERE*-a, kao kvalitetnim i pouzdanim vlasničkim softverom. Ipak, utvrđeno je da podaci ove veb-karte, iznenađujuće, ne zadovoljavaju potrebe zadatka. Nemali broj zdravstvenih ustanova nedostaje, uglavnom u relativno manjim naseljima.

Kompletiranje spiska je izvršeno servisima *OpenStreetMap* i *Google Maps*. Servis *OSM* se takođe pokazao nedovoljno pouzdanim za indentifikaciju svih lokacija zdravstvenih ustanova. Kao opravdanje za tu činjenicu može uzeti to da on, u osnovi, kao projekat virtuelne zajednice, nije sistematski finansiran već zavisi od donacija. Kako su unos i održavanje kvaliteta prostornih podataka na njemu u potpunosti volonterski, od velike je važnosti da se što više aktera uključi u poboljšanje kvaliteta podataka i, generalno, u unapređenje i promovisanje ovog projekta. Generalni zaključak do koga se došlo tokom izrade ovog rada je da je pristup kvalitetnim podacima o zdravstvenim ustanovama bio najkritičniji kad je reč o uspešnom rešavanju postavljenog zadatka.

Rezultati koji su dobijeni imaju značaj za budući razvoj i planiranje izgradnje novih zdravstvenih ustanova. Može se jednostavno utvrditi koje su lokacije kritične, tj. gde na teritoriji države postoji loša pristupačnost zdravstvenim uslugama. Utvrđeno je da je u Srbiji kritično 12,5% teritorije na kojoj živi nešto ispod 5% stanovništva. Korišćena metodologija može biti iskorišćena i za simuliranje situacije koja bi nastala u slučaju izgradnje nove ustanove na nekoj lokaciji. U postojeći spisak lokacija može se dodati par koordinata koje se odnose na potencijalnu lokaciju bolnice, doma zdravlja ili ambulante. Ponavljanjem procedure računanja izohrona i poređenjem s postojećim stanjem, mogu se proceniti efekti i utvrditi da li postoje značajni benefiti izgradnje nove ustanove na zadatoj lokaciji.

Zahvalnica

Autori se zahvaljuju Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Vlade Republike Srbije za finansiranje ovog rada u okviru projekta TR 36020.

6. LITERATURA

- CIESIN* – Columbia University. *Gridded Population of the World: Population Count (v4.11)*, <https://sedac.ciesin.columbia.edu/data/set/gpw-v4-population-count-rev11/data-download>, 12. 8. 2019.
- Google Maps*, <https://maps.google.com>, 16. 7. 2019.
- HERE Maps*, <https://wego.here.com>, 9. 7. 2019.
- HERE Places API*, <https://places.cit.api.here.com/places>, 9. 7. 2019.
- HERE Routing API*, <https://developer.here.com/documentation/routing/topics/introduction.html>, 31. 7. 2019.
- Hewko, J., Smoyer-Tomic, K. E., Hodgson, M.J. (2002). *Measuring neighbourhood spatial accessibility to urban amenities: Does aggregation error matter?*, *Environment and Planning A*, 34(7), 1185-1206.
- OpenStreetMap Nominatim*, <https://nominatim.openstreetmap.org>, 12. 7. 2019.
- Penchansky, R., Thomas, J. W. (1981). *The concept of access: Definition and relationship to consumer satisfaction*. *Medical Care*, 19(2), 127-140.
- Rekha, R. S., Wajid, S., Radhakrishnan, N. & Mathew, S. (2017). *Accessibility Analysis of Health care facility using Geospatial Techniques*. *Transportation Research Procedia*, 27, 1163-1170.
- Talen, E., Anselin, L. (1998). *Assessing spatial equity: an evaluation of measures of accessibility to public playgrounds*, *Environment and Planning A*, 30(4), 595-613.
- Uredba o planu mreže zdravstvenih ustanova*, *Službeni glasnik Republike Srbije*, br. 42/06, 119/07, 84/08, 71/09, 85/09, 24/10, 6/12, 37/12, 8/14, 92/15, 111/17, 114/17 - ispr., 13/18 i 15/18 - ispr.