

Jedan primer pripreme GIS okruženja u procesu planiranja pristupnih mreža

Aleksandar Vukosavljević, Milica Popović, Jelena Milinković, Slađana Jovanović

Sadržaj — U radu je dat način pripreme GIS okruženja u procesu planiranja pristupne mreže naselja Kaluđerica u Beogradu. Opisano je na koji način se ovo okruženje priprema kad je u pitanju kablovski ili bežični pristup, i na koji način se korišćenjem GIS alata stvaraju preduslovi za dimenzionisanje mreže i za izradu tehno-ekonomske analize. Prikazani su neki od rezultata korišćenja GIS alata. Ukazano je na značaj korišćenja GIS okruženja u procesu planiranja pristupnih mreža.

Ključne reči – GIS, kablovski pristup, pristupna mreža, softverski alati, WiMAX

I. UVOD

Kada se pred planerima pristupnih telekomunikacionih mreža pojavi izbor različitih tehnologija koje podrazumevaju bežični, kablovski (bakarni ili optički) način rešavanja pretplatničke petlje, sve više dobija na značaju priprema GIS okruženja, kao uslov pravilnog sagledavanja elemenata pristupa, elemenata tehno-ekonomske analize, a samim tim i izbora načina realizacije pristupa.

Predmet ovog rada je primer korišćenja različitih softverskih alata u pripremi GIS okruženja pri postupku planiranja pristupne mreže naselja Kaluđerica u Beogradu korišćenjem bežičnog i kablovskog pristupa. Naselje Kaluđerica je poseban izazov za svakog planera pristupne mreže. Ono je jedan od primera neurbanizovanih naselja bez razvijene komunalne infrastrukture. Nepotpuni i netačni statistički podaci mogu da dovedu do velikih grešaka u proceni kapaciteta, što bi imalo negativan ekonomski efekat pri realizaciji telekomunikacione infrastrukture naselja. Primenom GIS alata stvoreno je okruženje za tačniju procenu kapaciteta, i osnova za planiranje i procenu elemenata izrade tehno-ekonomske analize za različite realizacije pristupa.

II. KORIŠĆENI SOFTVERSKI ALATI

Kako bi se izvršila što tačnija predikcija potrebnih kapaciteta na terenu i najoptimalnijeg načina realizacije lokalne pretplatničke petlje korišćeni su sledeći softverski alati:

Aleksandar Vukosavljević, Telekom Srbija, (telefon: 381- 11-3200480, e-mail: aleksandarvuk@telekom.yu)

Milica Popović, Telekom Srbija, (telefon: 381- 11-3120185, e-mail: milicapop@telekom.yu)

Jelena Milinković, Telekom Srbija, (telefon: 381- 11-3200530, e-mail: jelenamilin@telekom.yu)

Slađana Jovanović, Telekom Srbija, (telefon: 381- 11-3200521, e-mail: sladjanajo@telekom.yu)

- NIR NetworkPlaningTool (Hexagon) – alat za radio planiranje koji obuhvata veliki broj modula za različite analize, kao i podršku za različite tehnologije kao što su WiMAX, CDMA, FHCDMA i drugi...
 - MI Professional (Mapinfo) – alat koji služi kao softverska GIS platforma za NIR (Hexagon), i čije GIS funkcionalnosti softver za planiranje koristi kako bi svojim proračunima dao prostornu komponentu, tj vizuelizovao ih u 2D i 3D okruženju.
 - MAP IMAGERY – *add in* dodatak za MAPINFO koji omogućava rad sa mapama i svim rasterskim fajlovima u ECW formatu
 - TeleCAD GIS (INOVA) – alat za projektovanje pristupne mreže koji je korišćen za georeferenciranje podloga postojećeg stanja, unos podataka o infrastrukturi Telekomu na predmetnom području, vektorizaciju, itd...
 - MAP 3D 2006 (Autodesk) - alat za kompjuterski potpomognuto dizajniranje koji je korišćen u situacijama kada je bilo potrebno precizno usaglašavanje koordinata tačaka od interesa, a da o njima nisu postojali podaci koji bi mogli da omoguće automatsko georeferenciranje. Tehnikom vizuelnog potvrđivanja karakterističnih tačaka dolazilo se do prihvatljivih rezultata.
 - ER Viewer – alat za pregled i konvertovanje ECW formata u neke od standardnih formata (tiff, bmp,...). Proces planiranja je moguće obaviti različitim softverskim alatima, ali uz obavezno korišćenje:
 - digitalnih 2D mapa (ortofoto mape, topografske mape oblasti za koje se znaju koordinate ivica i koje služe da se vizuelno pozicioniraju pretplatnici i bazne stanice),
 - 3D mapa terena tzv. DTM (digitalni zapis u kojem su zapisane nadmorske visine tačaka sa određenom rezolucijom – 5, 10, 20m...),
 - klaterske baze (tačno opisuju i definišu teren: šuma, reka, naselja).
- Telekom Srbija kontinualno nabavlja geoprostorne podatke (digitalne topografske karte, digitalne ortofoto snimke, digitalne modele terena, vektorske podatke) od interesa za obavljanje poslovnih aktivnosti. Sa intranet sajta Preduzeća preuzete su rasterske podloge od interesa.

III. PRIPREMA PODLOGA ZA PROCES PLANIRANJA KABLOVSKOG PRISTUPA

Da bi se sagledalo područje od interesa, prvi korak je formiranje odgovarajuće 2D mape terena od preuzetih topografskih podloga koje je proizveo Vojnogeografski Institut. Rasterske podloge se dobijaju u nekompresovanim formatima (tiff i bmp) tako da veličina jedne podloge može da bude i do 200 MB pa je prenošenje fajlova u izvornom obliku preko računarske mreže

neekonomično i praktično nemoguće. Iz tog razloga sve podloge su prvo obrađene i prevedene u oblik pogodan za prenos preko računarske mreže. Obrada se sastoji od kompresije u ECW (*Enhanced Compressed Wavelet*) format koji uz neznatan gubitak kvaliteta smanjuje veličinu podloge i do 20 puta. ECW format sadrži i podatke o stvarnom položaju podloge u prostoru i projekciji tako da se nakon učitavanja u neki od GIS alata podloga automatski postavlja na svoje tačne koordinate. Praktično svi GIS alati čitaju ECW format. *Autodesk MAP*, koji predstavlja GIS desktop platformu u Telekomu, ima potpunu podršku za ECW format. Na isti način priprema se i ortofoto snimak područja (Geokarta 2003), koji se takođe preuzima sa intranet sajta Preduzeća.

Preklapanjem ovih podloga dobija se vizuelna informacija o topografiji naselja Kaluđerica. Međutim, za bilo kakvu ozbiljniju analizu neophodno je imati vektorizovane sve objekte datog područja. Za te potrebe korišćen je BeoInfo sloj sa konturama objekata.

Na području naselja Kaluđerica nalazi se kablovska pristupna mreža kapaciteta koji ne zadovoljava sve potrebe naselja. Bakarni kablovi su polagani direktno u zemlju uz dugačke vazdušne razvođe. Stoga je sledeći korak u pripremi podloga za planiranje, sagledavanje postojećeg stanja kablovske pristupne mreže.

Postojeće stanje kablovske pristupne mreže prikazano je na geodetskim podlogama A0 formata, te je potrebno njihovo skeniranje. Međutim, to nije dovoljno da bi skenirani dokument postao i upotrebljiva digitalna podloga. Prilikom prevođenja karte u digitalni oblik treba osigurati da ona i u digitalnom obliku zadrži svoja osnovna svojstva, a to su: prostorna određenost, razmera, geometrijska i matematička tačnost, te sadržajna celovitost. Stoga nakon skeniranja treba izvršiti proceduru georeferenciranja i kalibracije, odnosno, uspostavljanje veze između koordinatnog sistema skeniranog rastera i originala. Program TELECAD GIS poseduje kompletan skup oruđa za obavljanje navedenih operacija.

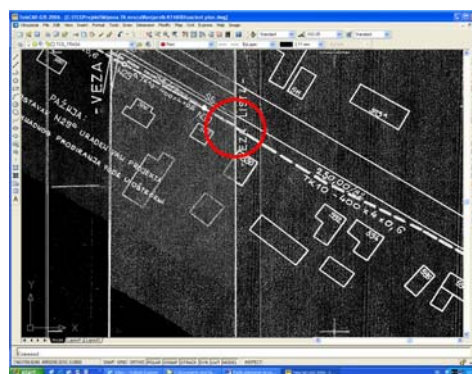
Ovakvo dobijene podloge, koje su sada spremne za upotrebu, koristimo kako bismo formirali naše područje od interesa uklapanjem svih obrađenih podloga koje čine naše područje. Na sl. 3.7 je prikazan primer lošeg preklapanja kalibrisanih i georeferenciranih podloga. Podloge su pozicionirane na svoje mesto u prostoru, ali kao što se sa slike vidi, odstupanja su i više nego očigledna. Crvenim krugom obeleženo je mesto gde kabl prelazi sa jednog na drugi list katastarske podloge. Sa slike je vidljivo da je kabl na desnom listu pozicioniran nekih 50 metara ispod tačke na kojoj smo ga očekivali u idealnom slučaju.

U ovakvim situacijama, grešku mogu prouzrokovati različiti faktori, ali je najčešći uzrok održavanje podloga na papiru koje je problematično zbog velikog broja uticaja koji mogu oštetiti podlogu, počevši od vlage, prirodnog krivljenja papira, kao i uticaj ljudskog faktora tj. nepravilnog korišćenja podloga (neprecizno ucrtavanje, nepravilno rukovanje...). Sledeći korak je otklanjanje ovakve greške koje može biti izvršeno na više načina zavisno od željene preciznosti i tačnosti rezultata otklanjanja greške. U našem slučaju izvršeno je ručno navlačenje podloga jednu na drugu, na osnovu

karakterističnih tačaka (3 tačke). Rezultat se može videti na sl. 3.8.

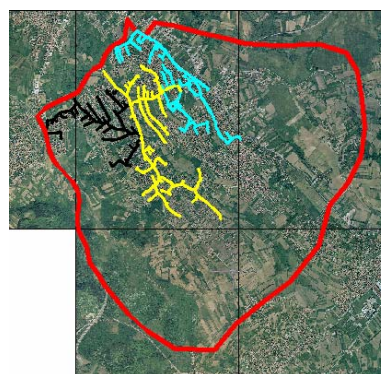


Sl. 3.7 Primer lošeg preklapanja kalibrisanih i georeferenciranih podloga



Sl. 3.8 Dobro preklapljenе podloge

Pošto smo dobili korektno uklapanje listova podloge, sledi postupak vektorizacije postojećeg stanja pristupne mreže. U ovom slučaju to je načinjeno kako bi se imao sveobuhvatan pregled situacije na području. Uz pomoć ortofoto snimaka može se sagledati koji objekti nisu obuhvaćeni postojećom pristupnom mrežom. Vektorizovan je kabl po kabl a kompletnom vektorizacijom svih kablovskih područja koja trenutno pokrivaju područje Kaluđerice i njihovim istovremenim prikazom može se dobiti jasna slika o postojećem stanju – sl. 3.9.

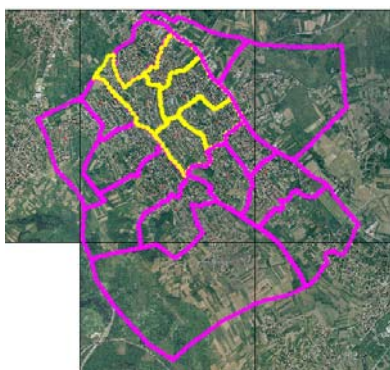


Sl. 3.9 Trase postojećih kablova prikazane na ortofoto snimku vektorizacije

Korišćenjem pripremljenih podloga, statističkih podataka o broju objekata preuzetih iz Beoinfo sloja, ortofoto snimka na kome je jasno vidljiva putna mreža unutar naselja Kaluđerica, položaji objekata i moguć pristup do njih, pristupa se podeli naselja po sledećim principima:

- definisati područja koja sadrže oko 400 objekata
- dužina 1pretplatničke petlje je do 800m, izuzetno do i preko 1000 m
- područja zaokružiti tako da i u geografskom pogledu budu celine; imajući u vidu putnu mrežu naselja i veliki broj slepih ulica, sagledati celine tako u okviru datog područja postoji mogućnost pristupa do svakog objekta
- obzirom na topografiju naselja, pronaći i označiti težište područja

Na ovaj način je korišćenje funkcionalnosti *TeleCAD Gis* softverskog alata omogućilo je da se na podlogama naselje isparceliše na 18 celina koji zadovoljavaju pomenute principe, kako je to prikazano na sl. 3.10. Dužina petlje nije ispoštovana samo u jednom kablovskom području, u delu prema naselju Leštani.



Sl. 3.10 Podela naselja na funkcionalna područja

Nakon podele naselja na funkcionalna područja izvršen je obilazak terena u cilju statističke procene srednje vrednosti broja domaćinstava po objektu, kao i broja novih objekata u odnosu na broj postojećih, prema dostupnim podlogama i broju vektorizovanih objekata. Na taj način došlo se do multiplikacionih faktora, te su procenjeni rezultati prikazani u Tabeli 1.

TABELA 1: BROJ OBJEKATA I PROCENJENI BROJ DOMAĆINSTAVA PO FUNKCIONALNIM PODRUČJIMA

Redni broj	Broj objekata	Procenjeni broj domaćinstava
1	522	1305
2	340	850
3	407	1018
4	453	1133
5	366	915
6	453	1133
7	403	726
8	400	720
9	473	852
10	439	791
11	410	738
12	401	722
13	474	854
14	457	823
15	380	684
16	402	724
17	412	742
518	145	261
Ukupno	7337	14991

Ovako pripremljena podloga i statistički podaci predstavljaju dalji osnov za planiranje kablovske pristupne mreže i proračun elemenata tehno-ekonomske analize.

IV. PLANIRANJE BEŽIČNOG PRISTUPA KORIŠĆENJEM SOFTVERSKIH ALATA

Za planiranje fiksne bežične pristupne mreže naselja Kaluđerica korišćen je softverski alat NIR, proizvođača *Hexagon Ltd.*. NIR simulira i prati prostiranje radio talasa koje emituju bazne stanice ka svojim korisnicima i obratno. Za potrebe radio planiranja razvijeni su različiti propagacioni modeli koji uzimaju u obzir fizičke karakteristike sredine kroz koju se talas prostire, slabljenje usled atmosferskih uticaja, uticaj refleksije, difrakcije i druge uticaje [1]. Među propagacionim modelima koje softverski alat NIR podržava najznačajniji su Hata, Knife Edge, ITU-R P.530, IEEE MMDS (SUI) i Ray Tracing. Ova predikcija prostiranja daje prilično realne rezultate mada nema apsolutnu tačnost, zbog čega se uvek radi kalibracija korišćenih modela propagacije. Takođe, NIR poseduje mogućnost automatske selekcije najoptimalnijih baznih stanica, koje bira između ponuđenih. Uz precizno definisanje tehnologije, NIR omogućuje i definisanje servisa, proračun kapaciteta po radio jedinici, kalkulaciju potrebnih radio jedinica i njihovo frekvencijsko planiranje. Softverski paket *NIR HEXAGON* radi na GIS platformi proizvođača *MAPINFO*. Radio planiranje u softverskom alatu NIR obavlja se preko 3D mape terena. Konkretno, korišćena je 20-metarska 3D mapa terena. Kako nisu postojali vektorizovani objekti, neophodni za tačniju predikciju pokrivanja, načinjena je i mapa zgrada sa visinama. Za njenu realizaciju korišćeni su poligoni zgrada preuzeti iz BeoInfo sloja sa zgradama, dok su visine pridružene poligonima dobijene interpolacijom na osnovu 3D mape terena i 3D mape terena sa zgradama.

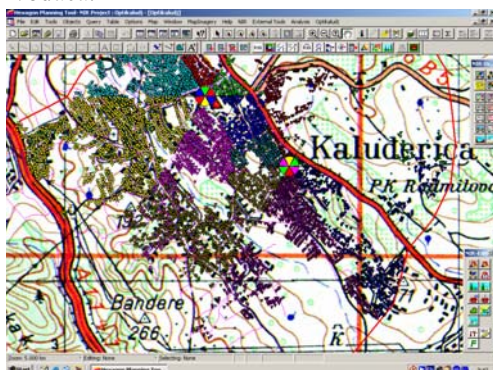
Međutim, u procesu radio planiranja jako su bitne i pomoćne 2D mape, kao što su mape ulica, topografske mape, ortofoto snimci... Za formiranje ovih 2D mapa potreban je uvoz ECW formata u alat za radio planiranje. U te svrhe korišćen je dodatak programu *MAP IMAGERY* ili se pregled ECW formata obavljao uz pomoć programa *ER Viewer*. Program *ER Viewer* služi za pregled i konvertovanje podataka iz ECW u neki od standardnih formata kao što je BMP ili JPG. Ukoliko se koristi *AutoCAD*, za dalju obradu, tj. odgovarajuće funkcije kao što su navlačenje na prave koordinate, ispravljanje grešaka u rotaciji ili razmeri, jednostavnom instalacijom dodatka za ECW format dobija se mogućnost rada sa podlogama u ECW formatu kao sa bilo kojim drugim standardnim formatima.

Sve ove mape su georeferencirane. Za područje Srbije koristi se Gaus-Kriggerova projekcija zone 7 [2]. Kako je NIR baziran na na GIS platformi proizvođača *MAPINFO*, raspolaže velikim brojem alatki koje se tiču konverzije projekcija i koordinata, georeferenciranja i sl.

Bilo kakav rad na ovom softverskom alatu podrazumeva poznavanje demografskih podataka i podataka o profilu korisnika na terenu. Ovi podaci su dobijeni iz više izvora i to: baze podataka o korisnicima Telekoma Srbija, na osnovu procene operativaca sa konkretnog područja koji imaju uvid u svakodnevni razvoj i postojeće stanje konkretnog područja, i anketa sprovedena na terenu i to na reprezentativnom uzorku. Svi ovi podaci neophodni su kao ulaz za softverske analize koje se obavljaju u procesu planiranja. Jedna od njih je kalkulacija kapaciteta, od čega direktno zavisi i broj neophodnih radio kanala, a samim tim i radio planiranje.

Sam softverski alat NIR omogućuje definiciju tehnologije, antena i drugih sistemskih parametara. Za tehnologiju bežičnog pristupa izabran je WiMAX [3], u skladu sa Generalnim projektom telekomunikacione mreže, kao tehnologija koja je aktuelna i koja omogućuje visoke protoke i ostvarivanje širokog spektra servisa. Kao model propagacije izabran je HEXAGON 3D propagacioni model.

Nakon definisanja baznih stanica (lokacija, visina i tip antena, azimuti sektora), moguće je izvršiti analizu pokrivanja po oblasti ili po korisnicima. Za prikazivanje radio pokrivanja, odnosno snage primljenog signala (RSS), pogodnije je koristiti analizu po oblasti. Program daje i procentualnu raspodelu pokrivanja prema definisanim pragovima RSS. Ovi pragovi se definišu tako da odgovaraju tipovima modulacije koji se koriste u WiMAX tehnologiji, a od kojih zavisi ostvariv protok. Budući da su neki delovi područja od interesa naseljeni, za dobijanje procentualne raspodele korisnika po definisanim pragovima RSS, prikazano na sl. 4.1, potrebno je definisati objekte kao korisnike i zatim izvršiti analizu po korisnicima. Softver sadrži i alate za proračun kapaciteta, ali se preporučuje da se precizna kalkulacija uradi ručno, odnosno kalkulatorom specifičnim za opremu pojedinog proizvođača.



Sl. 4.1 Radio planiranje naselja Kaludjerica

U slučaju zadate oblasti od interesa i zadatih lokacija baznih stanica, kao u ovom slučaju, moguće je pokrenuti modul OptiSite, koji iz skupa zadatih lokacija daje one koje su dovoljne za pokrivanje zadatog procenta oblasti/korisnika. Takođe, može se dobiti i grafik koji prikazuje poboljšanje pokrivanja sa povećanjem broja baznih stanica, odakle se može proceniti opravdanost postavljanja dodatne bazne stanice.

Rezultati radio planiranja dobijeni analizama u kojima su korišćene dve i tri bazne stanice i broj objekata sa odgovarajućim tipom modulacije prikazani su u tabeli 2. Tip modulacije zavisi od nivoa signala kod svakog pojedinačnog korisnika, a ostvarivi protok direktno zavisi od tipa modulacije.

Po dobijanju zadovoljavajućeg rezultata pokrivanja, pristupa se frekvencijskom planiranju. Raspoložive radio kanale potrebno je tako rasporediti po sektorima da se uz što niži nivo interferencije maksimizuje kapacitet. Međutim, dodela frekvencija je usko vezana za proračun kapaciteta. Za te potrebe razvijeni su specijalni alati.

TABELA 2: BROJ OBJEKATA PO NIVOIMA SIGNALA ZA SLUČAJ SA TRI I ZA SLUČAJ SA DVE BAZNE STANICE

Nivo signala (dB)	Modulacija	3 BS	2 BS	Razlika (2)-(3)
Min do -100	-	396	479	83
-100 do -98	BFSK 1/2	78	92	14
-98 do -97	BFSK 3/4	40	50	10
-97 do -94	QPSK 1/2	144	171	27
-94 do -91	QPSK 3/4	114	157	43
-91 do -88	QAM16 1/2	82	114	32
-88 do -83	QAM16 3/4	262	211	-51
-83 do -82	QAM64 2/3	74	76	2
-82 do Max	QAM64 3/4	5847	5687	-160

V. ZAKLJUČAK

Korišćenje GIS alata u planiranju pristupnih mreža otvara veliki broj novih mogućnosti za planere i daje jedan novi kvalitet procesu planiranja, posebno u situaciji kad se u pristupnim mrežama mogu koristiti pristupi bakarnim ili optičkim kablovima, ili bežični pristup. Oni obezbeđuju funkcionalnosti za unošenje prostornih podatka (npr. iscertavanje kablovske infrastrukture nad katastarskom podlogom), omogućavaju analizu nad podacima u prostoru, poseduju alate za ukrštanje prostornih (npr. kablovsko područje koje pokriva više blokova zgrada) i klasičnih podatka iz drugih baza (npr. demografska struktura stanovništva u tim blokovima) radi izvođenja složenih analiza i proračuna (npr. analiza postojećih i planiranje budućih kapaciteta za određene usluge na datom području), poseduje alate za publikovanje podataka iz centralne baze preko interneta/Intraneta i drugo.

U radu su opisani GIS alati i njihovo korišćenje u pripremi okruženja za proces planiranja pristupne mreže naselja Kaludjerica. Ovo naselje je i najpoznatije nelegalno naselje u Evropi, za koje ne postoje odgovarajući DUP-ovi i odgovarajući statistički podaci, te je samo po sebi bilo veliki izazov za planere pristupnih mreža. Korišćenjem GIS alata stvoreni su uslovi za bolje planiranje pristupne mreže sa aspekta procene kapaciteta i procene elemenata tehno-ekonomske analize za različite načine realizacije pristupa.

- [1] D. Har, C. Xu, H. Xia, "Propagation modelling for wireless local loop channel", International Journal of Communication Systems, pp. 231 - 241
- [2] F. Ohrtmann, "WiMAX handbook: Building 802.16 Wireless Networks", Ed. New York: McGraw-Hill, 2005, pp. 1-9.
- [3] S. Delčev, D. Blagojević, "Novi državni referentni sistem republike Srbije", Dostupan: www.rgz.sr.gov.yu/DocF%5CFiles%5Cagros-2007%5Csava

ABSTRACT

In this paper is given an example of preparing GIS environment in the process of planning an access network in settlement named Kaludjerica in Belgrade. It is described how GIS environment could improve process of planning in the networks when cable is used (copper or optical), or wireless access.

One example of preparing GIS environment in the process of planning an access network

Aleksandar Vukosavljević, Milica Popović,
Jelena Milinković, Slađana Jovanović