

UDK 004.738.5:004.72:528.9:912.43:004.6

Stručni članak

Evolucija web geoinformacijskih sustava

Željko VUJAKLIJA¹ – Rijeka

SAŽETAK. U radu je opisano što je to webGIS-tehnologija i koje su njezine prednosti i mane. Prikazane su različite webGIS-arhitekture s kritičkim osvrtom na svaku od njih. Detaljno je opisano funkcioniranje serverske i klijentske strane webGIS-arhitekture. Zatim su opisani formati podataka koji se koriste u webGIS-u i koje su prednosti i mane svakog formata. Na kraju je dan prikaz trenutačne situacije u webGIS-u, tj. opisani su najvažniji predstavnici web kartografije koji čine najveći dio web kartografskih aplikacija danas.

Ključne riječi: webGIS, IMS, Google Maps, AJAX.

1. Uvod

Iako GIS postoji već više od tri desetljeća, razvoj webGIS-a nedavni je fenomen. Velika popularnost interneta potaknula je razvoj novog načina distribucije GIS-podataka. Tako su geoinformacijski sustavi evoluirali od monolitnih i platformski ovisnih aplikacija i prilagodili se novoj okolini (Shekhar i dr. 2001). WebGIS postao je sinonim za web informacijske sustave koji daju funkcionalnosti geoinformacijskih sustava na webu preko HTTP-a i HTML-a (Shanzhen i dr. 2001). Nastale su različite webGIS-aplikacije, od onih koje daju statične i dinamične karte pa sve do naprednih aplikacija s većom funkcionalnošću (Xue i dr. 2002). S razvojem webGIS-a internet postaje portal GIS-funkcionalnosti i distribucije podataka. Verzije webGIS-aplikacija kontinuirano se unapređuju u funkcionalnostima, od jednostavnih mogućnosti pregleda prostornih podataka do izvođenja prostornih analiza (Plewe 1997). Štoviše, mnogi eksperti predviđaju da će webGIS u konačnici postati dominantni način pristupa GIS-podacima (Longley i dr. 2001, Xue i dr. 2002).

2. WebGIS-tehnologija

WebGIS je geoinformacijski sustav (GIS) distribuiran računalnom mrežom radi integriranja i vizualnog širenja geografskih informacija preko World Wide Weba. Razvoj World Wide Weba i ekspanzija interneta pomogli su razvoju webGIS-a s

¹ Željko Vujaklija, dipl. ing., Geodetski zavod Rijeka d.o.o., F. Kresnika 33, HR-51000 Rijeka, e-mail: zeljkov@gzr.hr.

dvije ključne osobine. Prvo, web omogućava vizualnu interakciju s podacima. Postavljanjem web poslužitelja i poslužitelja karti možemo proizvoditi karte. Kako su karte objavljene na internetu, i drugi ljudi ih mogu vidjeti. Drugo, zbog same naravi interneta, prostorni podaci su široko dostupni. Pristup im je moguć s bilo koje lokacije. Kombinacija lakog pristupa podacima i njihove vizualne prezentacije prevladava neke od glavnih teškoća s kojima se susrećemo kod klasičnog GIS-a (Gillavry 2000).

Za korištenje webGIS-a korisnicima nije potrebna iscrpna obuka ili softver. Lagan i jednostavan pristup podacima te nepostojanje ograničenja u pogledu vremena ili lokacije čine webGIS zanimljivim sustavom širokom krugu ljudi. Prezentacija prostornih podataka i njihovo efikasno korištenje u desktop GIS-aplikacijama zahtijeva veliku investiciju u savladavanje tih istih aplikacija. Takvih naprednih korisnika obično je vrlo malo u odnosu na one koji žele uključiti prostorne podatke u svoj posao, ali se ne žele baviti GIS-om profesionalno. Na internetu ili na webu bazirane GIS-aplikacije omogućavaju korisnicima korištenje prostornih podataka preko web sučelja bez GIS-edukacije ili softvera.

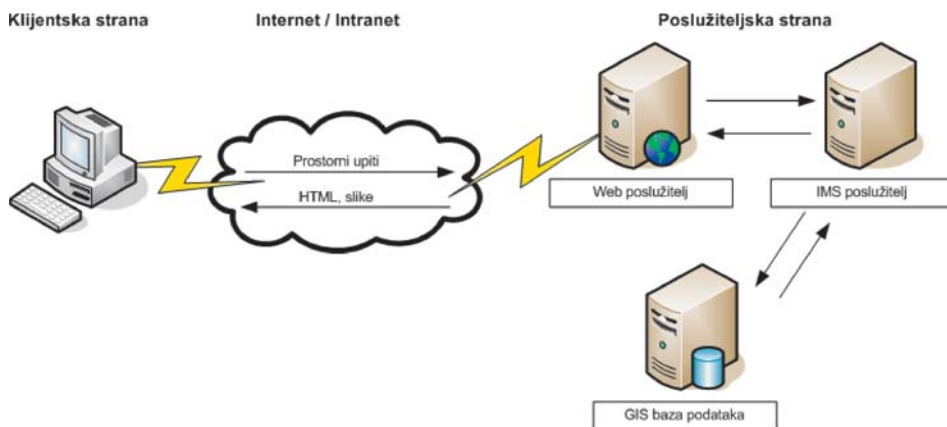
Na webu bazirane aplikacije mogu kombinirati ili izdvajati podatke i prezentirati ih na konzistentan način, omogućujući korisnicima da dođu do zaključaka bez potrebe za skupljanjem podataka ili učenjem korištenja softvera. Interaktivna web karta omogućava korištenje prostornih podataka kroz web preglednik, interakciju s podacima i stvaranje prilagođenog pogleda na podatke bilo u obliku karte ili tablice. Na webu bazirani GIS podrazumijeva prilagođavanje podataka i dizajn korisničkog sučelja na način da se oni podudaraju s korisničkim ciljevima i razinom vještina kojima vladaju. Interaktivnost webGIS-a omogućava korisnicima pregledavanje podataka, postavljanje upita i formiranje prilagođenih izlaznih podataka.

Jedna od prednosti webGIS-a nije odmah uočljiva. Mnogo ljudi ne prepoznaje odmah lokaciju kada im se ona predoči kao pogled iz zraka. Neka istraživanja dovela su u pitanje mogućnost običnoga korisnika da razumije kartu koja je u biti "ptičji pogled" na lokaciju (Keates 1996). No kod webGIS-a to nije problem jer korisnik ima mogućnost klika na entitet na karti i tako sazna više informacija o njemu (tzv. identifikacija). Ta funkcionalnost pomaže korisniku u boljem upoznavanju s kartom. Upoznavanje s kartom dodatno olakšava kontekst u kojem se nalazi webGIS (npr. prostorni plan općine na web stranicama dotične općine).

WebGIS nije bez nedostataka. Primarni problem je brzina jer se GIS oslanja na intenzivnu upotrebu grafike. Brzina internetske veze može učiniti korištenje velike količine grafike nedopustivo sporim za korisnike. Sve veće povećanje brzina internetskog pristupa u domovima smanjuje taj problem kao i korištenje nekih "trikova" u webGIS rješenjima (npr. Google Maps tiles). WebGIS vrlo vjerojatno nikad neće moći parirati kompleksnošću desktop GIS-aplikacijama kao što su ArcInfo ili MapInfo. S druge strane webGIS ne zahtijeva iste resurse kao te aplikacije. Moćna računala, obuka, skupo licenciranje također nisu potrebni za webGIS. Najnovija iskustva ukazuju na to da razvoj slobodnog softvera u ovoj domeni obećava efikasna i pristupačna rješenja s fleksibilnom funkcionalnošću usmjerenom konkretnim potrebama korisnika (Miler i dr. 2010).

3. Arhitektura webGIS-a

Arhitektura webGIS-a može se opisati kao klijent–poslužitelj (slika 1) troslojna web implementacija. Prvi je sloj korisničko sučelje na klijentskoj strani. Drugi je sloj poslovne logike koji provodi svu poslovnu logiku i pristup prostornim podacima. Treći sloj je baza podataka s prostornim podacima. Srednji sloj u troslojnoj klijent/poslužitelj arhitekturi daje pristup GIS-podacima i logički izolira klijentsku stranu od podataka. Na taj način je smanjena kompleksnost pristupa podacima klijentskoj strani, ali i povećana sigurnost baze podataka. Zbog svega toga, većina zrelih webGIS-arhitektura prihvatila je troslojnu klijent/poslužitelj arhitekturu.



Slika 1. *Klijent-poslužitelj arhitektura webGIS-a.*

3.1. Poslužiteljska strana

Kako je već rečeno, arhitektura webGIS-a (web kartografskog servisa) slična je klijent/poslužitelj arhitekturi weba. Ipak, potrebna je dodatna tehnologija za funkcioniranje webGIS-a bilo samo na poslužiteljskoj strani ili na obje strane, poslužiteljskoj i klijentskoj.

Poslužiteljska strana sastoji se od web poslužitelja i softvera zvanog Internet Map Server (IMS). Web poslužitelj čine moćno računalo i softver koji distribuiraju informacije preko weba na zahtjev jednog ili više klijenata. On je odgovoran za rukovanje http zahtjevima upućenima od web preglednika. U najboljem slučaju on poslužuje statične datoteke, kao što su HTML stranice ili statične slikovne datoteke. Među ostalim web poslužitelji obavljaju autentikaciju ili prosleđuju zahtjeve prema dinamičnim resursima poput CGI-aplikacija ili poslužiteljskih skriptnih jezika. Funkcionalnost web poslužitelja može se proširiti korištenjem dodatnih modula ili ekstenzija. Neki od najpopularnijih web poslužitelja su Apache i Microsoft Internet Information Server.

Kako softver web poslužitelja ne može obavljati bilo kakvo geoprociranje, on mora biti u mogućnosti komunicirati s IMS-om koji generira karte i obavlja geo-

procesiranje. Postoji nekoliko standardnih sučelja, Common Gateway Interface (CGI) i poslužiteljski Application Programming Interface (API) koji omogućavaju komunikaciju između web poslužitelja i IMS-a. CGI-aplikacije izvode se na web poslužitelju pod okruženjem i korisničkim dozvolama korisnika web poslužitelja. One mogu biti napisane u bilo kojem programskom jeziku (kompajlirane) ili skriptnom jeziku (npr. Perl). CGI-aplikacija implementira common gateway interface protokol, obrađuje informacije primljene od klijenta i prenosi ih IMS-u. Izlazne rezultate IMS-a CGI-aplikacija oblikuje u format pogodan za interpretaciju u klijentskom web pregledniku. Konačni rezultat može biti JPEG, GIF ili PNG raster koji se učitava u klijentski preglednik ili niz podataka koji se interpretiraju pomoću dodatka (plug-in) web pregledniku. IMS-ovi koji kao rezultat daju raster ograničavaju klijentsku aplikaciju na mogućnosti kao što su pomak, uvećanje (smanjenje) karte i osnovni atributni upiti. U slučaju vektorskih podataka kao izlaznog rezultata potrebno je instalirati plug-in koji omogućava napredne funkcionalnosti kao što su buffer ili labeliranje.

3.2. Klijent

Računalne mogućnosti na klijentskoj strani u najvećoj mjeri određuju prenesenu količinu podataka preko weba. Računalne mogućnosti klijentske strane najčešće se nazivaju “debljinom” klijenta. Što je klijent deblji, potrebno je prenijeti manje podataka radi serverskoga geoprocesiranja i brže se generira novi prikaz karte.

3.2.1. Tanki klijent (thin client)

Kod arhitekture tankog klijenta, klijenti imaju samo korisničko sučelje kojim se komunicira s poslužiteljem i koje prikazuje rezultate. Sva obrada podataka odvija se na poslužitelju. Poslužitelji su puno snažniji od klijentskih računala i imaju centralizirane resurse. Slika 2 shematski prikazuje komunikaciju web preglednika, web poslužitelja i IMS-poslužitelja.

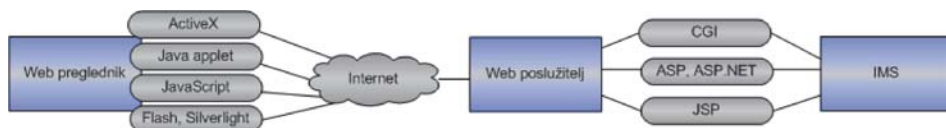


Slika 2. Tanki klijent.

Dobra je strana tankoga klijenta da postoji centralna kontrola tako da svi klijenti uvijek imaju zadnju verziju aplikacije koja se preuzima pri svakom pristupu klijenta poslužitelju. U većini izvedbi riječ je o HTML-stranici koja se dinamički generira. Tanki klijent obično se koristi kada ciljamo na veliki broj korisnika koji nemaju velike zahtjeve za GIS-analizama, jer bi to zahtijevalo puno geoprocesiranja na poslužiteljskoj strani. Kao nedostatak tankoga klijenta može se istaknuti relativno dugo vrijeme odziva jer klijent šalje zahtjev poslužitelju, a poslužitelj šalje natrag raster određene veličine. Taj nedostatak donekle je prevladan korištenjem Google Maps tehnike koja je opisana u ovom članku. Još jedan nedostatak tankoga klijenta je manja interaktivnost jer se koriste rasteri, a ne vektorski podaci.

3.2.2. Debeli klijent (thick client)

Da bi se omogućio prikaz rezultata geoprociranja na klijentskoj strani koriste se tehnologije kao što su plug-in, ActiveX kontrole, Java appleti. GIS plug-inovi male su softverske aplikacije instalirane na klijentskoj strani koje proširuju mogućnosti web preglednika da mogu rukovati GIS-podacima. Bez plug-ina web preglednik ne bi prepoznao poslane GIS-podatke. Izvođenje aplikacije na klijentu ne zahtijeva komunikaciju s poslužiteljem osim prvotnog učitavanja GIS-podataka. Za razliku od arhitekture tankoga klijenta gdje se karte šalju kao rasterske datoteke, kod debeloga klijenta prostorni se podaci šalju u obliku vektorskih podataka (Trinidad 2000, slika 3).



Slika 3. Debeli klijent.

Prednost je debeloga klijenta mogućnost naprednijega korisničkog sučelja i posluživanje karti baziranih na vektorskoj formi. No debeli klijent nije bez nedostataka. Većina nedostataka vezana je uz lakoću korištenja. U slučaju Java appleta ili ActiveX tehnologije, veličina appleta ili kontrole pridonosi ukupnoj količini podataka koju klijent mora preuzeti. Također, korisnik mora samostalno instalirati dodatak u web preglednik. To može biti prepreka za neke korisnike (Plewe 1997) jer im se procedura čini prekomplikiranom. U velikim organizacijama, instaliranje novog softvera može biti zabranjeno od strane administratora.

3.3. Format podataka

Osim atributnih podataka, presudno pitanje za korištenje GIS-a na internetu je format podataka (vektorski ili rasterski) koji se koristi za transfer podataka klijentu. Pri korištenju rasterskih podataka, web pregledniku nisu potrebni dodaci (ekstenzija), pošto preglednik može prikazati rastere u GIF, JPEG ili PNG formatu. To znači da se prostorni podaci moraju pretvoriti u rasterski format. Nedostaci korištenja rasterskih podataka jesu nemogućnost manipuliranja prostornim podacima i neki kartografski aspekti kao npr. nemogućnost promjene simbologije. Pomak miša preko nekog objekta neće istaknuti taj objekt.

Zbog manje količine podataka u vektorskom formatu oni se prenose brže nego rasteri. Korisnici dobivaju veću funkcionalnost s vektorskim podacima. Na primjer, prostorni objekt može se odabrati ili označiti. Još je jedna prednost korištenja vektorskih podataka mogućnost lokalne obrade, tj. nije potrebno kontaktirati server pri svakoj akciji u pregledniku kao kad se koriste rasterski podaci. Količina vektorskih podataka poslana internetom može biti 3 do 4 puta manja nego kod rastera pri prikazu istih podataka, što rezultira bržim odzivom i većom produktivnošću (Nayak 2000). Nedostaci su vektorskih podataka ovisnost o proizvođaču, promjenjiva količina podataka (za razliku od rasterskih) koja varira o prikazanom području.

Različiti konzorciji razvili su (i dalje razvijaju) standardne formate za transfer prostornih podataka internetom. Open GIS-konzorcij predstavio je Geography Markup Language (GML). GML omogućava transfer i pohranjivanje prostornih podataka preko eXtensible Markup Language (XML). Prostorni podaci sadrže attribute i geometriju geografskih objekata (www.opengis.org). Konzorcij W3C predstavio je Scalable Vector Graphics (SVG), koji je jezik za opisivanje dvodimenzionalnih vektora i hibridne vektor/raster grafike u XML-u (www.w3.org).

Izbor formata podataka (vektor ili raster) varira ovisno o aplikaciji i postojećoj infrastrukturi. Također izbor može pasti i na hibridno rješenje gdje se prvo prikazuje raster (npr. aerosnimka), a zatim vektorski podaci.

4. WebGIS danas

Današnja web kartografija bazirana je pretežito na rasterskim formatima, pri čemu se karta generira u trenutku kad je zatražena od klijenta ili se generira unaprijed. Za prevagu rasterskog formata u web kartografiji najviše je utjecala narav same web tehnologije. Rasterski su podaci jedna od glavnih komponenti HTML (Hyper Text Markup Language), anotacijskog jezika korištenog za objavu sadržaja na webu te stoga web kartografija koristi sposobnost web preglednika da renderira rasterske formate kao što su JPEG, GIF ili PNG. To znači da je pristup karti temeljenoj na rasterima izravan proces (ESRI 2006), pošto nije potrebno instalirati dodatke web pregledniku (plug-in) kao kad se koriste vektorski formati. Posljedično, nema prepreka da se pristupi karti kao što je briga oko sigurnosti pri preuzimanju i instaliranju softvera.

Dalje u tekstu opisani su najvažniji predstavnici web kartografije i webGIS-a temeljenih na rasterskim kartama. Tri opisane metode koegzistiraju u domeni web kartografije i čine najveći dio web kartografskih aplikacija dostupnih na webu.

4.1. Internet Map Server

Jednu od prvih metoda webGIS-a razvile su kompanije koje su već bile afirmirane u domeni desktop GIS-a. Samim time bilo je prirodno da njihovi proizvodi teže konvergiranju kartografije i GIS-a, gdje se karte generiraju dinamički (eng. on-the-fly) prema upitu klijenta. Proizvodi (pretežno komercijalni) koji se koriste takvom metodom nazivaju se općenitim nazivom Internet Map Server (IMS). Kod sustava temeljenih na IMS-u webGIS-aplikacija transformira zahtjev korisnika u upit za dohvat prostornih podataka sa servera. Dohvaćeni se podaci simboliziraju i rasteriziraju u slikovnu datoteku koja se šalje klijentu i renderira u njegovu web pregledniku (Plewe 1997). IMS-softveri imaju većinu funkcionalnosti desktop GIS-aplikacija i tako korisniku nude razne GIS-alate i funkcionalnosti. IMS-ovi su skalabilni, što znači da im se performanse ne kvare kad se poveća broj upita. U odnosu na Google Maps pristup (opisan dalje u tekstu) IMS je sporiji, ali je nezamjenjiv kad su u pitanju prostorni podaci koji se često mijenjaju.

4.2. Open Geospatial Consortium (OGC)

Problem interoperabilnosti i lakog pristupa prostornim podacima rasutih webom potaknuo je razvoj još jedne metode distribucije prostornih podataka. Konzorcij OGC nastoji izgraditi okvir za web kartografske servise razvojem otvorenih specifikacija i standarda. Tom metodom korisnikov se zahtjev šalje OGC kompatibilnom poslužitelju koji je ili izvor podataka ili je sposoban proslijediti zahtjev drugom OGC kompatibilnom poslužitelju. Odgovor svakog poslužitelja generira se na zahtjev i šalje korisniku. Prednost te metode, koja se temelji na otvorenim standardima i interoperabilnosti, mogućnost je pristupa prostornim podacima iz različitih izvora i prezentacija objedinjenih podataka korisniku.

4.3. Google Maps i ostali

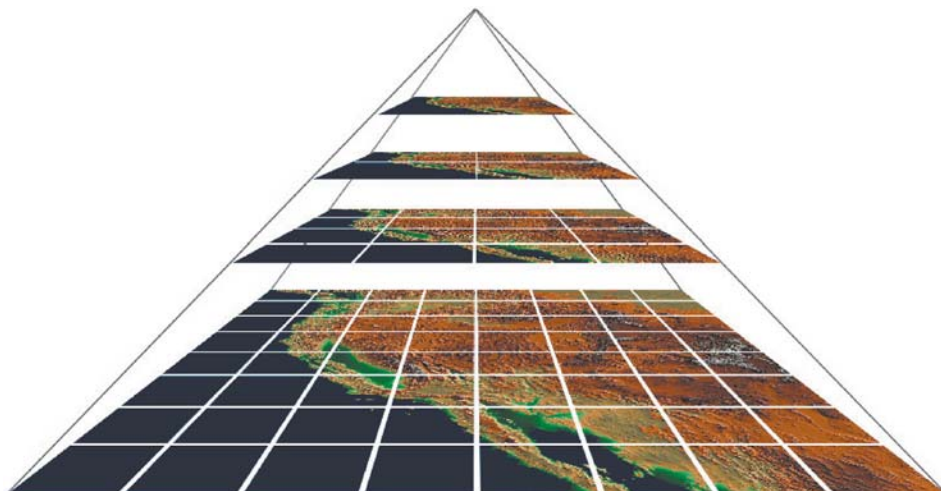
Tradicionalni pristup izradi na webu baziranog GIS-a izazvan je pojavom novih metoda izrade klijenta i integriranja podataka. Dostupnost Google Maps, Google Earth, Yahoo Maps i sličnih sustava omogućili su entuzijastima i razvijateljima softvera da izrađuju vrlo interaktivna web sučelja prema servisima tih kompanija i da integriraju njihove karte sa svojim podacima.

Google Maps je posebno važan primjer tzv. Web 2.0 razvojnog pristupa (URL 1). Google je izradio i održava kartografski servis (eng. map service) visokih performansi i skalabilnosti, koji je besplatan i ima relativno jednostavno programersko sučelje. To jednostavno ali moćno javno sučelje prema vrlo kompliciranom servisu obilježje je Web 2.0, jer demokratizira proces razvoja klijentske strane. Potrebno je relativno malo programerskog znanja da bi se razvile vlastite web aplikacije i da se one kombiniraju s podacima iz drugih izvora (tzv. Web mash-up).

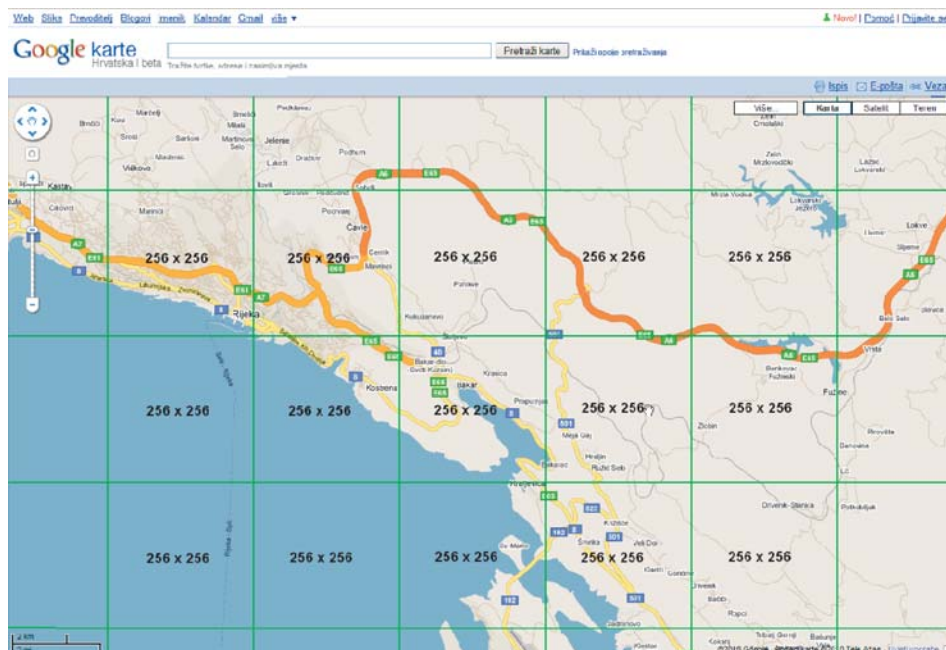
Google Maps temelji se na korištenju pregeneriranih malih rasterskih “pločica” (eng. tiles) koje tvore konačnu sliku koja se prikazuje korisniku. U toj metodi karta se pre-renderira na svim stupnjevima uvećanja koja želimo da budu raspoloživa korisniku. To rezultira velikim rasterskim kartama koje se zatim režu u male pločice i pohranjuju na poslužitelju. Pločice u stvari tvore piramidu, gdje se svaka pločica na jednom stupnju uvećanja dijeli na četiri pločice na sljedećem stupnju uvećanja (slika 4). Iako to vodi golemom broju pločica (vidi tablicu 1) kod velikog seta podataka, pohranjivanje, indeksiranje i rukovanje rasterskim datotekama je izravno. Rasterske pločice učitavaju se u web preglednik kao matrica, i iz perspektive korisnika čini se kao da tvore kontinuiranu sliku (slika 5) koja odgovara zahtjevu korisnika.

Tablica 1. Broj pločica i piksela ovisno o stupnju uvećanja.

Stupanj uvećanja	Broj pločica	Broj piksela
0	1	65536
1	4	262144
2	16	1048576
3	64	4194304
4	256	16777216
5	1024	67108864
10	1048576	68719476736



Slika 4. Svaka pločica dijeli se na četiri pločice u sljedećem stupnju uvećanja.



Slika 5. Google Maps koristi se pločicama veličine 256 x 256 piksela.

Korištenje programerske tehnike znane kao Asynchronous Javascript and XML (AJAX) (URL 2) omogućilo je razvoj vrlo interaktivnog sučelja koje se ne oslanja na direktne zahtjeve korisnika za osvježavanjem karte. Osvježavanje karte u ovom slučaju postiže se indirektno, pomakom te povećavanjem/smanjivanjem mje-

rila karte. Pri svakoj takvoj korisničkoj akciji aplikacija koja se nalazi u klijentskom web pregledniku šalje novi zahtjev (korištenjem AJAX-a), nakon čega prima s poslužitelja samo pločice koje su potrebne za upotpunjavanje prikaza karte. Ta metoda čini aplikaciju znatno bržom i povećava joj odziv u usporedbi s drugim metodama jer eliminira potrebu za dohvatom podataka i rasteriziranjem karte. Mnogi pružatelji javnih kartografskih servisa kao što su Google, Microsoft i Yahoo implementirali su tu metodu u svoje web kartografske aplikacije istovremeno nudeći moćne i lake za korištenje API-a.

4.3.1. AJAX

AJAX je razvojna tehnika, a ne programski jezik. Oslanja se na XMLHttpRequest API u Javascriptu, koji se nalazi u većini standardnih web preglednika. XMLHttpRequest omogućava web stranici u web pregledniku da pristupi web poslužitelju s kojeg potječe, i to tako da ne prolazi kroz direktni, korisnički upravljani proces slanja sadržaja web stranice na poslužitelj. Drugim riječima, proces upit/odgovor web stranice ne mora direktno pokrenuti korisnik stiskanjem tipke za slanje zahtjeva na poslužitelj. Umjesto toga, proces može biti iniciran indirektno korisničkom interakcijom. U slučaju Google Maps, pomicanjem karte korisnik može inicirati zahtjev prema poslužitelju za više komadića karte koji će biti pohranjeni (keširani) lokalno, tj. na klijentu. Gledano s korisničke strane, proces pomaka karte kontinuiran je i pojavljuju se samo minimalni prekidi u interakciji.

5. Zaključak

Postavljanje karata na internet više nije rezervirano samo za stručnjake sa specijaliziranim znanjem. Do nedavno je izrada kartografskog proizvoda za web zahtijevala specijalizirani softver te posebna znanja o vrstama podataka i procesima potrebnima da se on izradi. To drugo bio je i glavni uzrok problema običnom korisniku. Najveći dio poteškoća proizlazio je iz različitih očekivanja običnoga korisnika i specijalista. Specijalisti podrazumijevaju da se karta sastoji od određenoga (velikog) broja slojeva prostornih podataka, kao što su topografija, transport, pokrov, itd. te da se ti slojevi mogu kombinirati i analizirati. Drugim riječima, web kartografska rješenja koja su rađena za specijaliste ili su ih oni radili težila su za tim da budu što sličnija punokrvnim GIS-alatima.

Zahtjevi običnih korisnika su u biti vrlo jednostavni. Oni imaju samo jednu vrstu podataka (jedan sloj u terminologiji specijalista) koje žele vidjeti na karti. Klasični pristup izradi webGIS-aplikacija podrazumijeva da se prvo izradi tzv. bazna karta – kolekciju podataka koja daje prostorni kontekst vlastitim podacima. Izrada bazne karte u pravilu se obavlja profesionalnim web kartografskim alatima, što je običnom korisniku prekomplikirano. Što je još važnije, većina se vremena troši na poslove vezane uz izradu bazne karte (prikupljanje podataka, definiranje pravila renderiranja), a ne na primarni cilj, prikaz vlastitih podataka.

Google Maps, Microsoft Bing, Yahoo Maps i drugi riješili su kartografski problem običnoga korisnika pružanjem “karte” kao osnovnog obilježja njihove tehnologije. Oni daju baznu kartu – satelitske snimke i ulice, a na korisniku je da osigura ostalo. Korisnik treba imati osnovno znanje web programiranja (JavaScript), ali

mu nije potrebno specijalističko znanje GIS-a. Tako jednostavan pristup imao je nekoliko posljedica. Web kartografske aplikacije običnih korisnika preplavile su internet. Jednostavnost tih aplikacija svjeda se specijalistima tako da i oni traže da se njihovi alati pojednostave. S druge strane, zahtjevi običnih korisnika za funkcionalnostima nadmašili su ono što su Google ili Microsoft bili voljni pružiti. U konačnici, može se reći da zahtjevi za funkcionalnostima običnih korisnika konvergiraju zahtjevima za jednostavnošću specijalista.

Literatura

- ESRI (2006): Comparing Vector and Raster Mapping for Internet Applications, An ESRI White Paper, <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/vector-raster-mapping.pdf>.
- Gillavry, E. M. (2000): Cartographic Aspects of WebGIS Software, Department of Cartography Utrecht University, <http://www.webmapper.net/thesis>.
- Keates, J. S. (1996): Understanding Maps (2nd ed.), Addison Wesley Publishing Company, Longman.
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., Rhind, D. W. (2001): Geographic Information Systems and Science, John Wiley & Sons Ltd., Chichester.
- Miler, M., Odobašić, D., Medak, D. (2010): Efficient Web-GIS Solution based on Open Source Technologies: Case-Study of Urban Planning and Management of the City of Zagreb, Croatia, Proceedings of the XXIV FIG International Congress – Facing the Challenges – Building the Capacity, Sydney.
- Nayak, S. (2000): GIS Data Dissemination: A New Approach through Web Technology, Rolta India Ltd., <http://www.gisdevelopment.net/technology/gis/techgi0028.htm>.
- Plewe, B. (1997): GIS Online: Information Retrieval, Mapping and the Internet, OnWord Press, Santa Fe.
- Shanzhen, Y., Lizhu, Z., Chunxiao, X., Qilun, L., Yong, Z. (2001): Semantic and Interoperable WebGIS, Proceedings of the Second International Conference on Web Information Systems Engineering, Kyoto, Japan, Vol. 2, 42–47.
- Shekhar, S., Vatsavai, R. R., Sahay, N., Lime, S. (2001): WMS and GML based Interoperable Web Mapping System, Proceedings of the 9th ACM international symposium on Advances in geographic information systems, Atlanta, Georgia, USA, 106–111.
- Trinidad, G., Cole, I., Chan, W. Y. (2000): Developing Internet-based GIS Applications, Proceedings of the Philippine Computing Science Congress (PCSC), Manila, Philippines, 184–188, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.21.7314&rep=rep1&type=pdf>.
- Xue, Y., Cracknell, A. P., Guo, H. D. (2002): Telegeoprocessing: the integration of remote sensing, geographic information system (GIS), global positioning system (GPS) and telecommunication, Intl. J. Remote Sensing, 23 (9), 1851–1893.
- URL 1: Web 2.0, <http://www.paulgraham.com/web20.html>, (24. 4. 2010.).
- URL 2: Ajax: A New Approach to Web Applications, <http://www.adaptivepath.com/publications/essays/archives/000385.php>, (7. 5. 2010.).

Evolution of Web Geoinformation Systems

ABSTRACT. The paper brings the definition of webGIS technology and its advantages and disadvantages. There are different webGIS architectures described with the review of each of them. The paper describes in details the operation of server and clients in webGIS architecture. There are also the data formats described that are used in webGIS, as well as the advantages and disadvantages of each format. At the end there is a description of current situation in webGIS given, i.e. there are the most important representatives of web cartography described that make today the largest part of web cartographic applications.

Keywords: webGIS, IMS, Google Maps, AJAX.

Prihvaćeno: 2010-08-14