

# *Interactive World Atlas - Exploration of the Potentials of Web Cartography*

***Dražen TUTIĆ\**, *Adriana TANFARA\*\****

*\*University of Zagreb, Faculty of Geodesy, e-mail: dtutic@geof.hr*

*\*\*e-mail: ada.malizmaj@gmail.com*

82

**Abstract:** *This paper describes a software configuration and data used for creating an interactive world atlas. Free software and data were chosen, and the potentials of such a choice are explored. The result is a simple interactive world atlas. Initial datasets, data presentation and user interface are established. The data are divided into three levels of detail that are usually found in printed atlases: the world, continents and countries. The possibility of data in one level of detail (the most detailed one) is explored, too. Special care was given to map projections in data presentation. The result is that every map is created in map projection according to knowledge on map projection selection for different geographical areas.*

**Keywords:** *world atlas, web cartography, map projections*

are mostly published in English. Even though English seems to be the best choice for an atlas with global access, this stands as a major barrier for relevant use for majority of non-English users. Some of them feature only static maps linked to other geographical data. On the other hand, some of them like National Geographic World Atlas (URL6) and Microsoft Encarta (URL5) represent complete multimedia products with all good properties of printed atlases. The Google Maps service (URL7) should be mentioned for its extreme volume and detailed presentation of the features on the Earth (depending on the area) and search capabilities to the level of postal address.

As far as the authors know, until now there has not been any research yet on concepts and technologies for creating an interactive world atlas at the Faculty of Geodesy in Zagreb. The findings given here are from diploma thesis (Tanfara, 2007) and represent only an initial insight into this topic.

## **1 Introduction**

Today, the Internet is an unavoidable medium. Cartographic representations in this modern technological environment introduce an excellent means for presentation of spatially oriented content. Maps are the best way to portrait spatial relationships. The Internet gives maps availability that never existed in the past. That is why we have so much cartographic representations on the Internet today.

Atlases, as map sets of all regions of the world, but also of additional textual, graphical and multimedia content, were always a big challenge for publishers. Nevertheless, once an atlas comes to daylight, it becomes a "window to world" for all generations. It has a special place in every library.

If we look at world atlases on the Internet that there are not many of (URL1 – URL7), we could see that they

## **2 Server Configuration**

A prerequisite for an interactive world atlas is access to a server connected to the Internet. This way the results can be tested in different real network conditions (server, intranet, DSL, ISDN, modem connection, etc.). The utilized server has the IP address 161.52.248.30, the URL of the atlas is *http://ada.kartografija.hr*. The main hardware properties of the server are: processor Pentium II 300 MHz, 196 MB of RAM, 26 GB space on Fast Wide SCSI hard disks and 100 Mbit network adapter. It can easily be seen that at this moment (beginning of 2007), this is an old configuration. Setting the atlas on any newer/better hardware configuration can only bring improvement in processing performance.

The server works on Debian, the free Linux operating system (URL8), Apache web server (URL9), which is

# *Interaktivni atlas svijeta - istraživanje mogućnosti internetske kartografije*

**Dražen TUTIĆ\*, Adriana TANFARA\*\***

\*Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, e-pošta: dtutic@geof.hr

\*\*e-pošta: ada.malizmaj@gmail.com

**Sažetak:** U radu se daje prikaz programske konfiguracije i podataka radi uspostavljanja interaktivnog atlasa svijeta. Izabrani su slobodni programi i podaci, te su istražene mogućnosti koje takav izbor omogućuje. Rezultat je jednostavni interaktivni atlas svijeta. Uspostavljeni su inicijalni podaci, njihov prikaz i korisničko sučelje. Podaci su koncipirani u tri razine koje se uobičajeno susreću kod tiskanih atlasa: svijet, kontinenti i države, a ispitana je i mogućnost jedinstvene razine podataka. Pri prikazu podataka posebno se vodilo računa o kartografskim projekcijama, a rezultat je da je svaka karta prikazana u skladu sa saznanjima o izboru projekcije za različita geografska područja.

**Ključne riječi:** atlas svijeta, internetska kartografija, kartografske projekcije

nom na engleskom jeziku. Iako je to možda najbolji izbor za atlas koji ima globalni pristup ipak je to za većinu korisnika ostalih govornih područja nepremostiva zapreka za svrsishodnu upotrebu. Neki od njih imaju samo statičke karte povezane s ostalim geografskim podacima, a neki poput atlasa svijeta National Geographic (URL6) i Microsoft Encarte (URL5) potpuni su multimedijски proizvodi sa svim dobrim svojstvima tiskanih atlasa. Treba istaknuti i servis Google Maps (URL7), koji predstavlja iznimno opsežan i detaljan prikaz objekata na Zemlji (ovisno o području) i omogućuje detaljno pretraživanje do razine adrese.

Koliko je autorima poznato, do sada na Geodetskom fakultetu nije bilo istraživanja koncepcija i tehnologija za izradbu interaktivnog atlasa svijeta. Saznanja izložena u ovom radu nastala su u okviru diplomskog rada (Tanfara, 2007) i tek su početni uvid u problematiku.

## 2. Konfiguracija poslužitelja

Preduvjet za interaktivni atlas svijeta pristup je poslužitelju spojenom na internet. Na taj način rezultati se mogu odmah pregledavati u različitim stvarnim uvjetima povezanosti na mrežu (sam poslužitelj, lokalna mreža, DSL, ISDN i modemske veze). Upotrijebljeni poslužitelj ima IP-adresu 161.53.248.30, a URL atlasa je <http://ada.kartografija.hr>. Osnovna su svojstva hardvera poslužitelja: procesor Pentium II 300MHz, 196 MB radne memorije, 26 GB prostora na Fast Wide SCSI diskovima i 100 Mbitna mrežna kartica. Odmah se vidi da je to za današnje uvjete (početak 2007) zastarjela konfiguracija. Postavljanje atlasa na bilo koju noviju konfiguraciju može donijeti samo prednosti u brzini obradbe podataka.

Poslužitelj radi na slobodnom operacijskom sustavu Debian (URL8), a web-poslužitelj je Apache (URL9), također slobodni program. Izbor ostalih programskih komponenti potrebnih za uspostavljanje ovoga atlasa bio je iz

## 1. Uvod

Internet je danas nezaobilazni medij. Kartografski prikazi u tom modernom tehnološkom okruženju izvršna su podloga za prezentaciju sadržaja vezanog uz prostor. Karte su najbolji način za prikaz prostornih odnosa, a internet omogućuje kartama dostupnost kakvu tiskane karte nikada nisu imale. Stoga danas postoji vrlo mnogo kartografskih sadržaja na internetu.

Atlasi svijeta kao skupovi karata svih regija svijeta, ali i dodatnih opisnih, slikovnih i multimedijских podataka pred izdavače postavljaju najteže izazove. No, kada jednom ugleda svjetlo dana, atlas postaje "pogled u svijet" svim generacijama pa ima posebno vrijedno mjesto u svakoj knjižnici.

Pogledaju li se i ne tako brojni atlasi svijeta na internetu (URL1 – URL7), uočit će se da su atlasi uglav-

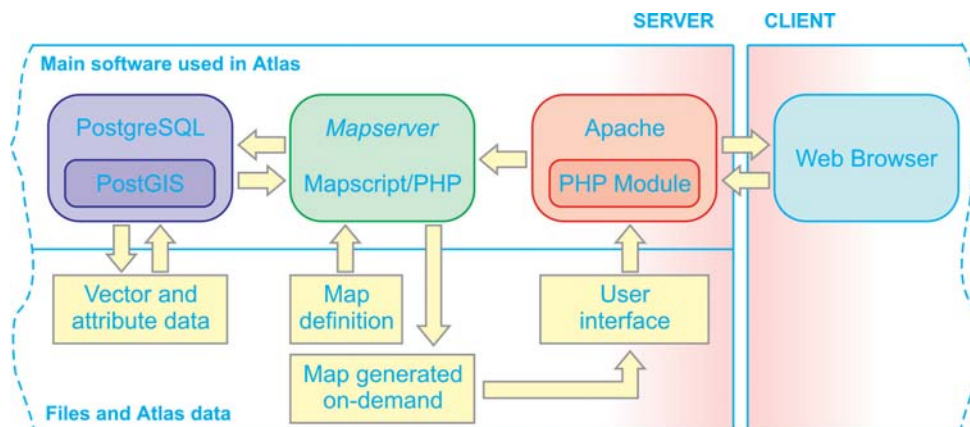


Fig. 1. The main software components and data flow for the atlas

also freeware. All other software components for this atlas are freeware. MapServer in MapScript/PHP implementation (URL10) was chosen for cartographic representations. MapServer can use different vector and raster data. The PostgreSQL database is used (URL11) together with its PostGIS (URL12) extension for storing vector data. The PROJ4 library is used for map projections (URL13). Series of other libraries should be installed in order to have a complete working environment.

A diagram of the main software components and data flow for this atlas is shown in Fig. 1.

The PostgreSQL database, together with the PostGIS extension, allows storing, editing and analysing spatial and attribute data. We will especially emphasize the PostGIS features used in this atlas: coordinate transformation between coordinate systems and map projections (using PROJ4), line simplification (Douglas-Peucker method), topological functions, determination of centroid, etc.

The main task of MapServer is to generate a map from data. The data can be divided by type into vector or raster data (vector data can be of point, polyline, polygon and annotation type). After defining the map layout, the data are drawn on the map in defined order using defined cartographic symbols and signatures. Finally, a raster image with the map is saved to the disk and ready for rendering in a web page. A new raster image is created and used only once for each user request. This can lead to numerous raster files on the disk, and they should be removed on a regular basis. Besides this main task, MapServer can generate a graphical scale bar, a map legend, perform coordinate conversions between coordinate systems and map projections (PROJ4). Cartographic symbols and signatures together with constraints for showing objects on the map can be defined as functions of map scale, which is especially important.

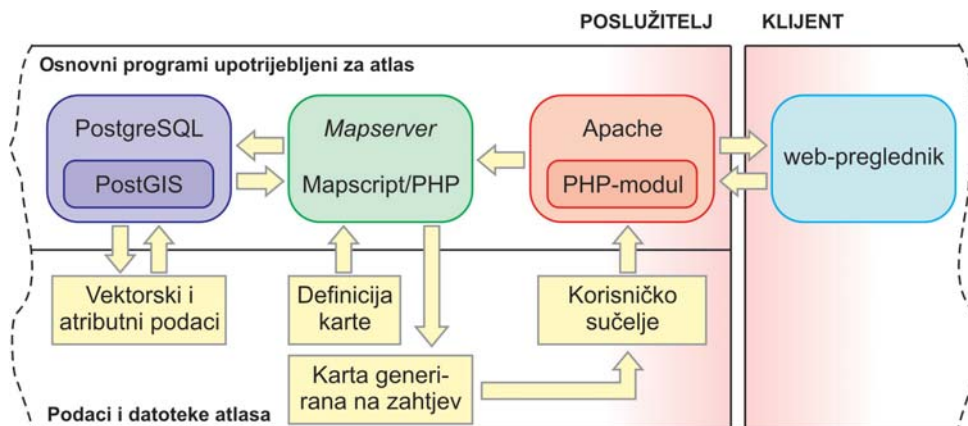
MapServer has been used in teaching at the Faculty of Geodesy in Zagreb for some time and some experience on its potentials and use already exists. PostgreSQL is also used in classes.

The main task of Apache and its module for PHP is to interpret user interface files written in PHP and to prepare a web page and send it to the user. Also, its task is to accept the data sent from the user browser to the server through the CGI protocol (URL14). This interaction allows the user to impose constraints for map generation.

### 3 Atlas Concept

The first idea was to put data for the whole atlas into one level of detail (the most detailed one). All maps would then be generated from that data. This idea is attractive because of easier maintenance and updating. Options available for cartographic generalization are PostgreSQL, PostGIS and MapServer. The possibilities of these options would be examined this way. In the first attempts, we have found that the bottleneck for such an approach was map projection transformation. For example, to show all rivers of the world from VMAP0 data (map of the world in scale 1:1 000 000) in a specific map projection, the execution time was 95 seconds. The time needed for reading the data from the database was 3 seconds, map projection transformation took about 90 seconds and drawing the objects on a raster map was performed in 2 seconds. One solution to this problem is storing the data in map projection that is also going to be used for display. The disadvantage of such a solution is that there is no map projection that can show all parts of the world with acceptable deformations. The other possible solution is a faster computer. Nevertheless, we think that such a concept should be more thoroughly examined in the future, especially after gaining new knowledge that we did not have at the beginning of this project.

After this initial testing, we have decided that the atlas data will be prepared in three levels of detail: the world, continents and countries. The same concept can be found in printed atlases. Therefore, data for level of continents and the world is prepared in advance from most detailed level of countries. The data are not divided into areas, but only by levels of detail. For example, the rivers in level of detail for countries are stored in one database



Slika 1. Osnovni programi i tijek podataka atlasa

skupa slobodnih programa. Za izradbu kartografskih prikaza izabran je MapServer (URL10), i to njegova Mapscript/PHP implementacija. MapServer čita različite formate vektorskih i rasterskih podataka, a za spremanje vektorskih podataka izabrana je baza podataka PostgreSQL (URL11) s proširenjem PostGIS (URL12). Za podršku kartografskih projekcija upotrijebljen je paket PROJ4 (URL13). Uz navedene programe potrebno je instalirati i niz drugih programa i biblioteka funkcija koje ti programi zahtijevaju.

Blok dijagram osnovnih programa i tijeka podataka među njima za taj atlas prikazan je na slici 1.

PostgreSQL zajedno s dodatkom PostGIS omogućuje spremanje, uređivanje i analizu prostornih i atributnih podataka. Posebno treba istaknuti mogućnosti uređivanja i analize prostornih podataka koje omogućuje PostGIS, a neke su od upotrijebljenih u ovom atlasu: transformacija koordinata između različitih koordinatnih sustava i kartografskih projekcija (upotreba programa PROJ4), pojednostavnjenje linija (Douglas-Peuckerova metoda), topološke funkcije, računanje centroida i sl.

Glavna je zadaća Mapservera kreiranje karte iz podataka. Podaci se dijele u slojeve prema vrsti podataka (vektorski ili rasterski, vektorski dalje u točkaste, linijske, poligonske i tekstualne). Na temelju definicije karte podaci se po zadanom redoslijedu iscrtavaju na kartu zadanim kartografskim znakovima. Nakon završetka, rasterska slika s kartom sprema se na disk i spremna je za prikaz unutar web-stranice. Za svaki pojedini korisnički zahtjev kreira se nova karta i upotrebljava se samo jednom, što dovodi do velikog broja rasterskih slika na disku koje treba redovito brisati. Osim te osnovne zadaće MapServer omogućuje i generiranje grafičke skale mjerila, tumača znakova, transformaciju između koordinatnih sustava i kartografskih projekcija (PROJ4). Kartografski znakovi i uvjeti prikaza nekog objekta na karti mogu se zadati kao funkcija mjerila karte, što je od posebne važnosti.

MapServer se već više godina upotrebljava u nastavi na Geodetskom fakultetu i postoje određena iskustva u njegovim mogućnostima i upotrebi. U nastavi se upotrebljava i PostgreSQL.

Apache zajedno s modulom za PHP ima zadaću na temelju datoteka korisničkog sučelja pisanih u jeziku PHP pripremiti web-stranicu i poslati ju korisniku. Također, njegova je zadaća preuzimati podatke koje kroz protokol CGI-ja (URL14) korisnički preglednik šalje poslužitelju. Ta interakcija omogućuje da korisnik sam postavlja uvjete za prikaz karte.

### 3. Konceptija atlasa

U prvom pokušaju zamisao je bila da se podaci za cijeli atlas pripreme na jednoj (najdetaljnijoj) razini te da se sve karte generiraju iz tih podataka. Takva ideja ima svoju privlačnu stranu zbog lakšeg održavanja i ažuriranja. Za kartografsku generalizaciju stoje na raspolaganju i mogućnosti PostgreSQL-a, PostGIS-a i MapServera upotrebljivost kojih bi se na taj način ispitala. Pokazalo se da je usko grlo preračunavanje koordinata između kartografskih projekcija. Primjerice, za prikaz svih rijeka svijeta iz podataka VMAP0 (karta svijeta u mjerilu 1:1 000 000) u zadanoj kartografskoj projekciji bilo je potrebno oko 95 sekundi, od toga je oko 3 sekunde potrebno da se podaci iščitaju iz baze podataka, oko 90 sekundi za transformaciju u zadanu kartografsku projekciju i oko 2 sekunde za kreiranje rasterske slike s kartom. Jedno je rješenje toga problema spremanje podataka u kartografskoj projekciji koja će se upotrijebiti i za prikaz. Nedostatak je takvog rješenja nepostojanje jedne kartografske projekcije koja može bilo koje područje svijeta prikazati tako da su deformacije uvijek prihvatljive. Drugo je rješenje snažnija konfiguracija poslužitelja. Bez obzira na navedeno, mišljenja smo da toj koncepciji ipak u budućnosti treba posvetiti više pozornosti, posebno kada će se prikupiti dovoljno novih saznanja koja nismo imali na početku izradbe toga atlasa.

Nakon tih inicijalnih testiranja odlučeno je da će se podaci atlasa pripremiti u tri razine detalja: svijet, kontinenti, države. Takva se koncepcija često susreće i kod tiskanih atlasa. Dakle, podaci se iz najdetaljnije razine za države u manje detaljnom obliku pripremaju za razinu kontinenta i svijeta. Podaci se ne dijele na područja već samo na razine detalja. Tako su npr. rijeke cijeloga svijeta za razinu država





Fig. 2. The starting world map in the atlas (Winkel Tripel projection with standard parallel 50°28')

Slika 2. Početna karta svijeta u atlasu (Winkelova trostruka projekcija sa standardnom paralelom 50°28')

86

table. The question arises: What is the advantage of this concept where some data for the whole world is still in one table and we have to perform map projection transformation again? The answer lies in the fact that the data in level for countries will never be drawn in whole, but only some small part. After the data is retrieved from the database, only for an area of one or more countries (the step which is not time critical), only that data will be transformed into the chosen map projection.

All data for this atlas are derived from free geospatial data. The data used were: ESRI Map of World from 1995 (on CD), World Data Bank I and II (URL15) and VMAP0 (URL16). The data on world cities were gathered from TravelGIS.com (URL17).

The following data were prepared at world level:

- coastal line (continents, large islands and lakes),
- polygons for continents used for colouring (they topologically coincide with coastal line) with name attribute,
- polygons for oceans and seas used for naming,
- graticule spaced by 30° with attribute for labelling the latitude and the longitude,
- Arctic circle, Antarctic circle, Tropic of Cancer and Tropic of Capricorn with attribute for labelling.

The data level for continents consists of all above data but in more detail (graticule spaced by 15°) and with added data for:

- country boundaries,
- the world's largest rivers,
- capitals.

The data level for countries includes all data for continents, but in more detail (graticule spaced by 10°) together with the following data:

- main rivers,

- main lakes,
- cities with population over 100000.

For Earth model, the sphere of radius 6 370 997 meters was chosen, which is already defined in PROJ4. All data, except for world, are stored in the database in geographical coordinates.

The data were edited in AutoDesk Map and exported into ESRI shape format. These data are then converted into PostGIS by program *shp2pgsql* that comes as part of the PostGIS installation. The data on cities are inserted into the database directly using SQL commands.

It should be mentioned that the data were prepared with intention to use then for exploration of their representation. They are not supposed to be a trusted source for wide audience. The data contain

flaws, some of which the authors are aware of, but there are probably numerous errors in data that we are not aware of. The creation of a consistent and reliable dataset for the whole world is an extremely challenging task, which goes beyond individual capabilities, and is not a subject of this research.

Now that the data is prepared, the way in which it will be presented on a map should be defined. It is particularly related to selecting the map projection and map symbols.

### 3.1 Selecting the map projection

The biggest problem when selecting the map projection is the map of the world. In general, there are two approaches to this issue. One uses the map projection designed for maps of the world and the second uses a "view from space". The second approach is based on azimuthal projections and a maximum of half of the Earth is visible at a given moment. It is often combined with the possibility to rotate the "Earth" as a globe. To enable such smooth rotation, it should be performed on client computer. Since MapServer is basically a server-side program, this approach was impossible to implement in satisfactory way.

Frančula in his research (1971), proposed that the best choice for maps of the world is the Winkel Tripel projection with standard parallel 50°28'. We have decided to use this projection for map of the world. Since the data for the world level are always presented in this projection, the data are transformed into this projection and stored in database. Unnecessary computation for every user request is avoided this way. Fig. 2. shows the map of the world that is the starting map in this atlas.

Recommended map projections for maps showing continents are from azimuthal group (Frančula 2000). Since the maps in this atlas are very similar to political maps, the equal area azimuthal projection was chosen. Its property is that the areas are correct and can be compared in the projection. The pole of the oblique azimuthal

i dalje unutar jedne tablice. Postavlja se pitanje gdje je onda prednost takve koncepcije kada su određeni podaci za cijeli svijet opet u jednoj tablici i opet je potrebno provesti transformaciju između kartografskih projekcija? Odgovor leži u činjenici da se podaci na razini države nikada neće prikazati svi, već samo za jedan manji dio. Nakon što se iz baze podataka pročitaju samo podaci za područje države ili skupine država (taj korak nema kritično vrijeme izvođenja), samo oni će se transformirati u zadanu kartografsku projekciju.

Svi podaci za taj atlas izvedeni su iz slobodnih prostornih podataka. To su: ESRI-jeva karta država iz 1995. godine (izdanje na CD-u), World Data Bank I i II (URL15) i VMAP0 (URL16). Podaci o gradovima preuzeti su sa stranica TravelGIS.com (URL17).

Za razinu svijeta pripremljeni su sljedeći podaci:

- obalna linija (kontinenti, veći otoci i jezera),
- poligoni za bojenje kontinenata (topološki se podudaraju s obalnom linijom),
- nazivi kontinenata, oceana i mora,
- geografska mreža s razmakom 30° i tekstualni podaci s odgovarajućim stupnjevima za meridijane i paralele,
- obratnice i polarnice s pripadajućim tekstualnim podacima.

Za razinu kontinenata pripremljeni su svi prethodni podaci, ali detaljnije (geografska mreža s razmakom 15°), te su još dodani podaci za:

- granice država,
- najveće rijeke svijeta,
- glavne gradove.

Za razinu država pripremljeni su svi podaci kao i za kontinente, ali detaljnije (geografska mreža s razmakom 10°), te su još dodani podaci za:

- važnije rijeke,
- važnija jezera,
- gradove s više od 100 000 stanovnika.

Za model Zemlje izabrana je sfera polumjera 6 370 997 metara, koja je i definirana u paketu PROJ4. Svi su podaci, osim za razinu svijeta (vidi nastavak), spremljeni u bazu podataka u geografskim koordinatama.

Podaci su pripremljeni u Autodesk Mapu i spremeni u ESRI-jevu formatu *shape*. Ti su podaci s pomoću programa *shp2pgsql* koji je dio PostGIS-a prebačeni u bazu podataka. Podaci o gradovima spremljeni su u bazu podataka neposredno s pomoću naredbi SQL-a.

Treba napomenuti da su podaci pripremljeni u svrhu istraživanja mogućnosti za njihov prikaz. Nisu namijenjeni da budu pouzdan izvor podataka za široki krug zainteresira-



Fig. 3. Map of Mongolia generated by selecting the geographical area

Slika 3. Prikaz Mongolije dobiven izborom područja

nih korisnika. U njima se nalaze pogreške, nekih od njih smo svjesni, a vjerojatno postoje još mnoge koje nisu uočene. Kreiranje konzistentnog i vjerodostojnog skupa podataka za cijeli svijet iznimno je složen zadatak koji nadilazi mogućnosti pojedinca, a i nije predmet ovog istraživanja.

Za tako pripremljene podatke potrebno je osmisliti način na koji će se oni prikazati na karti. To se ponajprije odnosi na matematičku osnovu, tj. na izbor kartografske projekcije, a zatim i na kartografiku.

### 3.1. Izbor kartografskih projekcija

Što se tiče kartografske projekcije najveći je problem karta svijeta. Susreću se dva pristupa tom problemu, jedan je upotreba neke od kartografskih projekcija namijenjenih za prikaz čitavog svijeta, a drugi je "pogled iz svemira". Taj drugi način oslanja se na azimutalne projekcije i u jednom trenutku vidljiva je najviše polovica Zemlje. Takav pristup često je nadopunjen mogućnošću da se "Zemlja" može okretati kao i globus, a da bi takva rotacija bila glatka mora se odraditi na računalu klijenta. Kako je MapServer program na strani poslužitelja i svaki se korisnički zahtjev odrađuje na strani poslužitelja, takvu koncepciju nije bilo moguće implementirati na zadovoljavajući način.

Frančula (1971) je u svojim istraživanjima predložio da je za karte svijeta najpovoljnija Winkelova trostruka projekcija sa standardnom paralelom 50°28'. Zbog toga je za kartu svijeta izabrana ta projekcija. Budući da se podaci za svijet uvijek prikazuju u toj istoj projekciji oni su u bazi podataka odmah i transformirani i spremljeni u toj projekciji kako bi se izbjeglo nepotrebno računanje pri svakom korisničkom zahtjevu. Slika 2. prikazuje kartu svijeta, koja je i početna karta u ovom atlasu.

Za karte kontinenata preporučuju se kose azimutalne projekcije (Frančula, 2000). Kako su karte u tom atlasu najbliže tematskim političkim kartama, izabrana je kosa ekvivalentna azimutalna projekcija. Njezino je svojstvo da su površine preslikane bez deformacija i mogu se uspoređivati u projekciji. Pol kose azimutalne ekvivalentne projekcije treba se nalaziti približno u središtu najmanje sferne kapice koja sadrži područje prikaza.



Fig. 4. (left) starting map (projection pole  $\varphi_0 = -60^\circ$ ,  $\lambda_0 = -15^\circ$ ) and the point of mouse click (new map centre); (right) newly created map as a result of the panning operation (projection pole  $\varphi_0 = -30^\circ$ ,  $\lambda_0 = -45^\circ$ )

Slika 4. (lijevo) početno stanje karte (pol projekcije  $\varphi_0 = -60^\circ$ ,  $\lambda_0 = -15^\circ$ ) i mjesto gdje je korisnik kliknuo mišem; (desno) novokreirana karta kao rezultat operacije pomicanja područja koje se prikazuje (pol projekcije  $\varphi_0 = -30^\circ$ ,  $\lambda_0 = -45^\circ$ )

al equal area projection should be placed near the centre of the minimal spherical cap circumscribing the selected geographical area.

The same equal area azimuthal projection was used for maps of countries. Smaller countries can be correctly depicted in a large number of projections (of course, if right parameters are used). Since there are countries stretched over whole continents (USA, Russia, Australia), we can take the same consideration for countries as for continents.

To fully use the fact that no map is prepared in advance, but for each user request separately, the equal area azimuthal projection is chosen so that the pole of projection is always in map centre, and the selected area utilizes available space in best manner.

Such a choice has the advantage that every map is constructed with a favourable arrangement of deformations, no matter which geographical area is currently represented (the area itself affects the map projection parameters). An interesting problem has arisen during the implementation of this solution. When the user selects a geographical area (i.e. Asia), first the pole for azimuthal projection is to be found which will be in the centre of the map. The implemented solution is approximate. First the centroid (function of PostGIS) of area from geographical coordinates is determined. It is then used as first approximation of the pole of the projection. After transformation of the data in that projection this projected data is then used for determination of a new centroid, which is the final pole. This gives correct results for most geographical areas. Fig. 3 shows a map of Mongolia generated this way.

When the user is panning or zooming the map, the point where the mouse click occurred becomes the new map centre and projection pole. The map centre has always plane coordinates (0,0), and the extent of the area represented is bounded by values  $\pm [\text{scale}] \times [\text{half of height} \mid \text{width of map}]$ .

Fig. 4 shows the starting map and the point of user mouse click (left). Map created as a result of the panning operation is on the right.

## 4 User Interface

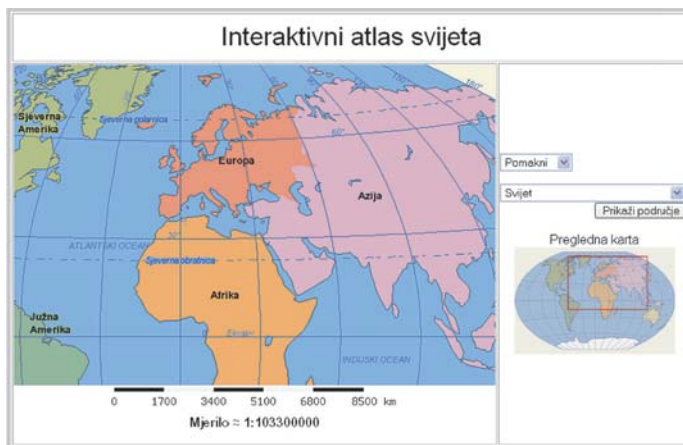
The user interface is implemented in three PHP files. These files are interlinked and together form the user interface of the interactive world atlas. The first file is used for presentation of data on the world level, the second for data on the level of continents and the third one for presentation of data on the level of countries. When panning and zooming, the data for the world is used for scales smaller than 1:80 000 000. The data for continents is used at scales 1:80 000 000 and larger. Finally, the data for the countries is used in scales 1:10 000 000 and larger. The assumed screen resolution is 96 dpi and the map is drawn at correct scale on such displays (majority of LCD screens). Besides the numerical scale, the graphical scale that is correct for all kinds of displays is also drawn.

The user interface is very simple and it enables the user to view the atlas in two ways: by selecting the geographical area (name of the country, continent or the whole world) or by zooming and panning the area. When the data for the states are shown, it is possible to show and hide each data layer. All mentioned choices are laid out on the right side of the map. The graphical scale and the rounded numerical scale are drawn (numerical scale is rounded on 100 000 for world data, 10 000 for continents and 1000 for countries) beneath the map. Fig. 5 shows the user interface for all three levels of data (world, continents and countries).

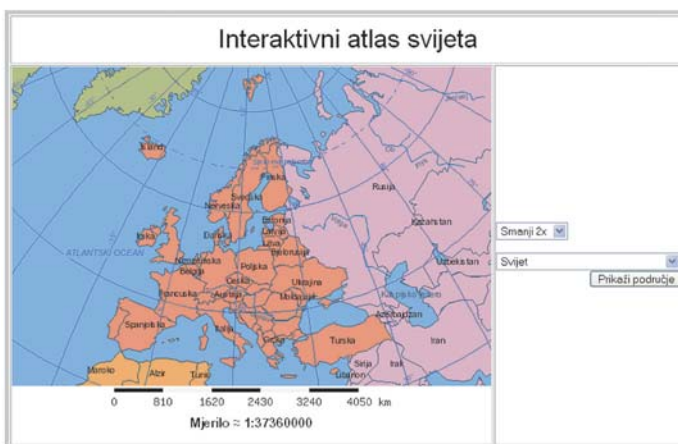
After the map is drawn by MapServer and sent by Apache, its parameters become unknown for the server. Therefore, it is important to track the map parameters on the client side. To generate a new map based on user intervention parameters for user operation should be sent as well as the parameters of the current map. The main data of the state of the map which are exchanged with the server are:

- file name of the user interface,
- the map extent (in current map projection),
- image coordinates of the user mouse click.

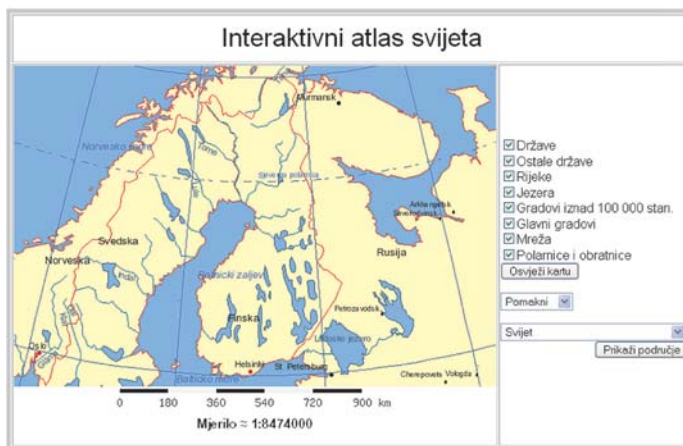




[Početna](#) [Upute](#)



[Početna](#) [Upute](#)



[Početna](#) [Upute](#)

Fig. 5. User interface of the interactive world atlas: for world (top), continents (middle) and countries (bottom)

Slika 5. Korisnička sučelja interaktivnog atlasa svijeta: prikaz na razini svijeta (gore), kontinenta (u sredini) i država (dolje)

Za karte država izabrana je također kosa azimutalna ekvivalentna projekcija. U većini kartografskih projekcija prostorno male države preslikavale bi se bez većih deformacija (naravno uz povoljno izabrane parametre projekcije). Kako se neke države protežu preko čitavih kontinenta (SAD, Rusija, Australija), za njih vrijede ista razmatranja kao i za kontinente.

Kako bi se iskoristila činjenica da se karte ne pripremaju unaprijed već za svaki korisnički zahtjev pojedinačno, izabrano je da za svaku kartu koja prikazuje podatke na razini kontinenta i država matematička osnova karte bude takva da se pol azimutalne projekcije smjesti u središte karte, a zadano područje prikaže tako da maksimalno ispunjava prostor karte.





Fig. 6. The effect of line simplification with tolerance value dependent on the map scale; the original scales are: 40 000 000 (left, image enlarged 4 times), 1:20 000 000 (centre, image enlarged 2 times) and 1:10 000 000 (right)

Slika 6. Efekt pojednostavnjenja linija ovisnog o mjerilu karte na primjeru dijela obalne linije istočne Azije; mjerila izvornih prikaza približno su 1:40 000 000 (lijevo, prikaz uvećan 4 puta), 1:20 000 000 (u sredini, prikaz uvećan 2 puta) i 1:10 000 000 (desno)

The data, which is sent for user operation, depend on this operation, i.e. only one value is needed (predefined in MapServer) for panning and zooming. The name of a geographical area should be sent (the names are selected from a list generated from database) for showing that area. The selection of geometry from the database is performed based on the name and the map projection centre and map extent are then calculated. The special PHP function is written for that task.

One of powerful properties of the MapServer and database is defining spatial queries. Using them, the user can search objects in an advanced way (i.e. through which states a particular river passes or which the neighbouring countries of some country are, etc.). This possibility has not been incorporated in user interface yet, but it is important and should be of concern in the future work.

## 5 Map Generalization

Maps in this atlas are generated in smaller, and even larger scales from the scale, in which the data is prepared. For example, the data for continents is shown on the maps in scale range from 1:10 000 000 to 1:80 000 000, the data for countries are presented in scales ranging from 1:4000 (Vatican) to 1:40 000 000 (Russia). Therefore, some tools for cartographic generalization must be available and incorporated. The aim is to generate the maps according to the rules of cartographic generalization.

In the presented configuration (see Fig. 1), the available tools for cartographic generalization are the ones in PostgreSQL database, PostGIS functions and MapServer functions. Only using the database, it is possible to make a selection of objects based on some criteria (e.g. cities with population greater than 1 million). PostGIS functions can be used for selection based on geometrical properties of objects (e.g. islands with area greater than 100 square kilometres). Also, PostGIS has a function for line simplification. It is possible to use other PostGIS functions for map generalization, i.e. for object aggregation.

The line simplification is used in this atlas. The data that MapServer takes are simplified with the Douglas-Peucker algorithm. The tolerance is proportional to the map scale denominator, e.g. it is constant in image units. The simplification is performed on data in geographical coordinates

(which are in fact treated as an equidistant cylindrical projection) and the tolerance value does not have the same effect on objects near the equator or poles (the impact of linear deformations). The better approach is to first perform the map projection conversion and then the line simplification. Both operations should be performed with PostGIS functions. Since at this moment the map projection conversion is performed in MapServer, this better approach is not implemented. Fig. 6 shows the same part of the world (part of the Asian east coast) in three different scales.

Special care should be given when the line simplification is performed on neighbouring polygons. It is possible that adjacent boundaries become different for those polygons. A possible solution in this case is to establish the adjacent boundaries as line objects.

MapServer has a number of features that can be used for cartographic generalization. The scale range in which the objects are shown can be specified. Automatic name placing which can be used to avoid name overlapping is very useful. When used, it is possible that some names are not shown due to insufficient space. It is possible to use forced name placing, but overlapping of names can then occur.

This atlas uses both features from above paragraph. For example, cities with population greater than 400 000 are shown only at the map scale of 1:30 000 000 and larger. The cities (stored as point objects) can be used for following illustration. If the cities are defined as vector point level in MapServer, all point signatures will be drawn, but the names will be placed only where the algorithm for name placement chooses to (of course if forced name placing is not given). Only the signatures for the cities whose name is placed are drawn if the cities are defined as annotation layer. The later method is used in this atlas. Fig. 7 shows both approaches.

## 6 Map Symbols

MapServer has a wide range of possibilities for drawing objects. All of them will not be explained here, the reference can be found at the MapServer web-site (URL10).

Point objects are generally represented by signature. In MapServer, the signature can be defined as a vector symbol (rectangle, circle etc.) or as a raster image. Line



Fig. 7. The cities in vector point layer (left) and in annotation layer (right). Automatic name placement is used in both cases.

Slika 7. Gradovi u sloju s točkastim objektima (lijevo) i u sloju s pismom (desno). Izabrano je automatsko smještanje naziva.

Takav izbor matematičke osnove ima prednost u tome da je svaka karta prikazana s vrlo povoljnim rasporedom deformacija, bez obzira na to koje je područje trenutno prikazano (jer se područje prikazuje u projekciji čiji su parametri ovisni o tom području). Kod implementacije takvog rješenja iskrsnuo je zanimljiv problem. Kada korisnik izabere područje prikaza, npr. Aziju, potrebno je pronaći pol azimutalne projekcije koji će biti u središtu karte (uvjet iz prethodnog odlomka). Implementirano rješenje je približno. Najprije se računa centroid (funkcija PostGIS-a) zadanog područja iz izvornih geografskih koordinata. Taj se centroid uzima kao prvi približni pol projekcije. Zatim se u toj kartografskoj projekciji računa novi centroid, koji je onda pol konačne projekcije. Za većinu područja to je dovoljno da se korektno prikažu. Slika 3 prikazuje kartu područja Mongolije.

Kada korisnik pomiče ili povećava/umanjuje područje prikaza, mjesto gdje je kliknuo mišem postaje novo središte karte i pol projekcije. Središte karte ima uvijek ravninske koordinate (0,0), a područje prikaza omeđeno je vrijednostima  $\pm$  [mjerilo] $\times$ [polovica visine | širine karte].

Slika 4 prikazuje početno stanje karte i mjesto gdje je korisnik kliknuo mišem (lijevo) i novokreiranu kartu (desno). Operacija je pomicanje područja koje se prikazuje na karti.

#### 4. Korisničko sučelje

Korisničko sučelje sastoji se od tri datoteke napisane u jeziku PHP. Datoteke su međusobno povezane i kao cjelina čine interaktivni atlas svijeta. Jedna je namijenjena prikazu karata na razini svijeta, druga prikazu karata na razini kontinenta, a treća prikazu karata na razini država. Razina podataka za svijet prikazuje se u mjerilima sitnijim od 1:80 000 000. Pri mjerilu 1:80 000 000 i krupnijem prikazuju se podaci na razini kontinenta. U mjerilima 1:10 000 000 i krupnijem prikazuju se podaci na razini država. Pretpostavljena je razlučivost ekrana 96 piksela po inču i na takvim ekranima (većina LCD zaslona) karta je prikazana u

ispravnom mjerilu. Ipak se osim brojčanog podatka o mjerilu iscrta i skala grafičkog mjerila koja vrijedi za sve zaslone.

Korisničko sučelje vrlo je jednostavno i omogućuje pregledavanje karata na dva načina: izborom područja (naziv države, kontinenta i čitav svijet) ili s pomoću operacije povećanja, umanjenja i pomicanja područja prikaza. Na razini država moguće je i uključivati/isključivati pojedine slojeve podataka. Ti su izbori smješteni s desne strane karte. Ispod karte smještena je grafička skala mjerila i zaokruženo brojčano mjerilo (svijet na 100 000, kontinenti na 10 000 i države na 1000). Slika 5 prikazuje korisničko sučelje na sve tri razine: svijet, kontinenti i države.

Nakon što MapServer i Apache isporučuje korisniku kartu, njezini parametri postaju nepoznati za poslužitelja. Zato je potrebno za sljedeći poziv poslužitelju poslati prethodno stanje karte i zahtjevanu operaciju na temelju čega se može generirati odgovarajuća nova karta. Osnovni podaci o stanju karte koji se šalju poslužitelju su:

- naziv datoteke korisničkog sučelja,
- područje prikaza (u trenutnoj kartografskoj projekciji),
- slikovne koordinate mjesta gdje je korisnik kliknuo mišem na kartu.

Podaci o zahtijevanoj operaciji ovise o toj operaciji, pa je za pomicanje, povećanje ili smanjenje područja prikaza dovoljna jedna vrijednost već ugrađena u MapServer. Za prikazivanje područja potrebno je poslati naziv područja (nazivi područja biraju se iz popisa kreiranog na temelju baze prostornih podataka). Na temelju naziva područja iz baze podataka preuzima se geometrija, računa središte projekcije i područje prikaza. Za taj zadatak napisan je vlastiti program u PHP-u.

Jedna od boljih odlika MapServera i baze podataka mogućnost je definiranja prostornih upita tako da korisnik ima mogućnost pretraživanja (npr. kroz koje države prolazi određena rijeka ili s kojim državama graniči odabrana

objects can be varied by colour, width, and line type. The overlaying of line symbols is also possible (e.g. for road signatures). Polygons can be filled with solid colours or with patterns. Effects such as shadows, boxed background and outlining are available for text, besides the font selection.

It should be mentioned that it is possible to apply transparency and antialiasing for every vector or raster layer. These features can greatly improve the visual identity of the map. The size of the signatures can be defined as dependent of the map scale.

The symbols and signatures in this atlas are a result of personal choice and only represent one possibility for data visualization. It is now easy to define a number of different map legends for the same data.

## 7 Conclusion

The selected software configuration and data has proven a wide range of potentials and represents a strong premise for quality map representation of spatial data on the Internet. The map no longer has to have static, in advance prepared content. Every map in this atlas exists in visible form only a short time the user spends looking at it.

Special care in this atlas was given to selection of map projection. This problem was solved in a successful way and can be used as solid basis for future investigations.

A lot of experience, which could be used in future for better spatial data organization and visualization, was gathered while producing this atlas.

### References / Literatura

Frančula, N. (1971): Die vorteilhaftesten Abbildungen in der Atlaskartographie. Disertacija. Institut für Kartographie und Topographie der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.

Frančula, N. (2000): Kartografske projekcije. Skriptâ. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Tanfara, A. (2007): Interaktivni atlas svijeta. Diplomski rad, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

URL1: World Atlas and World Maps – Maps and Geography of the World  
<http://geography.about.com/library/maps/blindex.htm> (20. 01. 2007.)

URL2: World Atlas of Maps, Flags and Geography Facts  
<http://worldatlas.com/aatlas/world.htm> (20. 01. 2007.)

URL3: MapQuest: World Atlas  
<http://mapquest.com/atlas/?region=world> (20. 01. 2007.)

URL4: World Atlas – Infoplease.com  
<http://www.infoplease.com/atlas/> (20. 01. 2007.)

URL5: Map of The World – World Atlas – MSN Encarta  
<http://encarta.msn.com/encnet/features/mapcenter/map.aspx> (20. 01. 2007.)

URL6: Maps – Satellite, Street, Themes Maps – National Geographic  
<http://plasma.nationalgeographic.com/mapmachine/index.html> (20. 01. 2007.)

URL7: Google Maps  
<http://maps.google.com/> (20. 01. 2007.)

URL8: Debian — The Universal Operating System  
<http://www.debian.org/> (02. 03. 2007.)

URL9: The Apache Software Foundation  
<http://www.apache.org/> (02. 03. 2007.)

URL10: UMN MapServer  
<http://mapserver.gis.umn.edu/> (02. 03. 2007.)

URL11: PostgreSQL: The world's most advanced open source database  
<http://www.postgresql.org/> (02. 03. 2007.)

URL12: PostGIS: Home  
<http://postgis.refrains.net/> (02. 03. 2007.)

URL13: PROJ.4 – Cartographic Projections Library  
<http://proj.maptools.org/> (02. 03. 2007.)

URL14: CGI – Common Gateway Interface  
<http://www.w3.org/CGI/> (02. 03. 2007.)

URL15: CIA World DataBank II  
<http://www.evl.uic.edu/pape/data/WDB/> (02. 03. 2007.)

URL16: NGA Raster Roam  
[http://geoengine.nga.mil/geospatial/SW\\_TOOLS/NIMAMUSE/webinter/rast\\_roam.html](http://geoengine.nga.mil/geospatial/SW_TOOLS/NIMAMUSE/webinter/rast_roam.html) (02. 03. 2007.)

URL17: TravelGIS.com  
<http://www.travelgis.com/geocode/> (02. 03. 2007.)



država). U ovom radu nije iskorištena ta mogućnost, ali ju je bitno istaknuti za neka buduća istraživanja.

## 5. Kartografska generalizacija

S obzirom na to da se u ovom atlasu iz jednog skupa podataka pripremljenog za određeno mjerilo generiraju karte u sitnijim, ali i krupnijim mjerilima od mjerila pripreme podataka, i to u velikom rasponu – primjerice podaci za kontinente prikazuju se u mjerilima od 1:10 000 000 do 1:80 000 000, a države se prikazuju u rasponu čak od 1:4000 (Vatikan) do približno 1:40 000 000 (Rusija) – potrebno je imati na raspolaganju alate za kartografsku generalizaciju. Cilj je generirati karte poštujući pravila kartografske generalizacije.

U konfiguraciji kao što je prikazana (vidi sl. 1), na raspolaganju su alati za kartografsku generalizaciju unutar baze podataka PostgreSQL, PostGIS-a i MapServera. S pomoću baze podataka moguće je obavljati izbor objekata na temelju vrijednosti nekog atributa (npr. gradovi s brojem stanovnika većim od milijun). S pomoću funkcija PostGIS-a moguće je izbor obaviti i na temelju geometrijskih svojstava objekata (npr. otoci kojima je površina veća od 100 km<sup>2</sup>). PostGIS ima implementiran algoritam za pojednostavnjenje linijskih objekata. Moguće je upotrijebiti i neke druge funkcije PostGIS-a, npr. moguće je skup objekata sažeti u jedan.

U ovom atlasu upotrijebljen je algoritam za pojednostavnjenje linija. Podaci koje preuzima MapServer pojednostavnjeni su tako da tolerancija za Douglas-Peuckerov algoritam ovisi o mjerilu karte. Pojednostavnjenje se za sada obavlja na objektima zadanim u geografskim koordinatama (tj. u ekvidistantnoj cilindričnoj projekciji) pa tolerancija nema isti efekt na objekte blizu pola i ekvatora (utjecaj linearne deformacije). Bolji bi pristup bio da se najprije obavi transformacija u konačnu kartografsku projekciju, a zatim pojednostavnjenje. Obje operacije morale bi se obaviti unutar PostGIS-a. Za sada se transformacija u konačnu kartografsku projekciju obavlja s pomoću funkcija MapServera, koji preuzima pripremljene geometrijske podatke od PostGIS-a pa taj bolji pristup nije implementiran. Slika 6. prikazuje isti dio obalne linije istočne Azije u tri različita mjerila.

Treba biti oprezan kada se algoritam za pojednostavnjenje primjenjuje na poligone koji dijele zajedničku granicu. Tada je moguće da se pojednostavnjena zajednička granica za jedan i drugi poligon razlikuje. U tom slučaju moguće je rješenje uspostaviti granice kao linijske objekte.

MapServer posjeduje više mogućnosti za kartografsku generalizaciju. Moguće je određene objekte prikazati u samo nekim rasponima mjerila. Posebno se ističe automatsko smještanje naziva. MapServer ima ugrađen algoritam koji smješta nazive na taj način da se oni ne preklapaju. Takav način može zahtijevati da se neki nazivi ne prikažu zbog nedovoljnog prostora. Ako se postavi

obvezno smještanje naziva, može doći do preklapanja naziva.

U ovom atlasu upotrijebljene su obje mogućnosti. Primjerice, gradovi s brojem stanovnika većim od 400 000 prikazuju se tek pri mjerilu 1:30 000 000 i krupnijem. Primjer gradova kao točkastih objekata dobar je i za sljedeću ilustraciju. Ako se gradovi uzmu kao sloj s točkama, iscrtat će se znakovi za sve točke, a nazivi samo ondje gdje je algoritam odredio da je moguće (ako nije postavljeno obvezno smještanje naziva). Ako se gradovi uzmu kao sloj s pismom, prikazat će se znakovi samo onih gradova kojima se ispisuje i naziv. U ovom atlasu upotrijebljen je taj drugi način. Slika 7 prikazuje razliku tih dvaju načina.

## 6. Kartografski znakovi

MapServer posjeduje široki raspon mogućnosti za prikaz objekata. Ovdje one neće biti prikazane u cijelosti i detaljno, zainteresirani čitatelj upućuje se na web-stranice MapServera (URL10), gdje se nalazi detaljna dokumentacija.

Točkasti objekti najčešće se prikazuju signaturom. Ona može biti zadana vektorski (pravokutnik, kružnica i sl.) ili rasterskom sličicom. Linijski objekti mogu se prikazivati u različitim bojama, širinama, moguć je složeni prikaz linije (npr. za ceste), crtkano itd. Poligonski objekti mogu se ispunjavati bojom ili šrafurom. Za pismo, osim izbora oblika slova, postoje različiti efekti kao što su sjene, pravokutna pozadina i obrubi.

Posebno se ističu mogućnosti postavljanja prozirnosti za pojedine vektorske i rasterske slojeve, te zaglađivanje (antialias) tonskih prijelaza. Osim toga veličina kartografskih znakova može biti uvjetovana mjerilom karte.

U ovom atlasu kartografski su znakovi definirani na temelju vlastitog izbora i samo su jedan primjer vizualizacije podataka. Za iste podatke moguće je definirati niz različitih kartografskih ključeva.

## 7. Zaključak

Izabrana konfiguracija programa i podataka pokazala je velike mogućnosti i predstavlja snažnu pretpostavku za kvalitetnu kartografsku prezentaciju prostornih podataka na internetu. Karta više ne mora imati statički, unaprijed pripremljeni sadržaj. Svaka karta u ovom atlasu postoji u vidljivom obliku samo kratko vrijeme koje korisnik provede gledajući ju.

U ovom je atlasu posebna pozornost posvećena izboru povoljne kartografske projekcije. Taj je problem uspješno riješen i može poslužiti kao dobar temelj za buduća istraživanja.

Izradbom ovoga atlasa stečena su mnoga iskustva, koja bi u budućnosti trebala poslužiti za još bolji pristup organizaciji prostornih podataka i njihovu kvalitetniju vizualizaciju.