

The Meaning of Cartographic Spatial Data Geovisualization in a Multimedia Interactive Atlas Information System

Mirjanka LECHTHALER¹, Alexandra STADLER²

¹*Institut für Geoinformation und Kartographie, Technische Universität Wien
Erzherzog Johann Pl. 1., A-1040 Wien
lechthaler@tuwien.ac.at*

²*alex_stadler@gmx.at*

Abstract: Atlas Information Systems (AIS) are still in a development process. They largely deal with functionalities, but often do not concentrate on visualisation aspects. Sequentially, the solutions vary from pure GIS implementations without cartographic characteristics to systems that are simply based on scanned maps, ignoring the technical restrictions of the screen as an output medium.

Using legible map graphics in multimedia and interactive AIS (MI-AIS) adapted to the technical requirements of the output medium is one of the main criteria for user acceptance. Today, the MI-AIS has to present a hybrid system. A hybrid system is relying on cartographically improved map graphics suitable for both screen visualisation and high-quality printing. By establishing connections between the two media, a method for the production of adequate paper maps in a high graphical quality as an integral part of the system is to be smoothed.

This paper discusses research results at the Vienna University of Technology (research group Cartography) concerning the topics mentioned above. It will focus on technical restrictions of the screen as an output medium, the adaptation of map graphics and interdependencies between resolution of the output medium and scale.

Map graphics for the screen and printing differ in visualisation depending on the output medium resolution. The same larger screen map graphics could be printed in an adequate smaller scale with a high map graphics quality. As an example, the usability of related map graphics for 1:250 000 screen visualisations and 1:1 000 000 printing will be shown.

Keywords: multimedia, interactivity, atlas information system, map graphics, visualization

1 Introduction

For the last 20 years, the Internet has been the new information transfer medium for cartography and cartographic applications. It offers a variety of ways to communicate spatial information through the adequate visualisation of basic spatial data (topographic and thematic data) – so called geovisualization.

Important application areas are regional, national and global atlases in the form of web-based, multimedia and interactive Atlas Information Systems (MI-AIS).

When editing such a map work, it has to be regarded that interactivity and multimedia as a new expression form

Značenje kartografske geovizualizacije prostornih podataka u multimedijском interaktivnom atlasnom informacijskom sustavu

Mirjanka LECHTHALER¹, Alexandra STADLER²

¹Institut für Geoinformation und Kartographie, Technische Universität Wien
Erzherzog Johann Pl. 1., A-1040 Wien
lechthaler@tuwien.ac.at

²alex_stadler@gmx.at

Sažetak: Atlasni informacijski sustavi (Atlas Information Systems - AIS) još su u procesu razvoja. Ponajviše se bave funkcionalnostima, ali se često ne koncentriraju na aspekte vizualizacije. Prema tome, rješenja variraju od čistih implementacija GIS-a bez kartografskih svojstava do sustava koji su jednostavno utemeljeni na skeniranim kartama i koji ignoriraju tehnička ograničenja zaslona kao izlaznog medija.

Upotreba čitljive kartografike u multimedijским i interaktivnim AIS-ima (MI-AIS) koji su prilagođeni tehničkim zahtjevima izlaznog medija jedan je od glavnih kriterija za prihvaćanje od strane korisnika. Danas MI-AIS mora biti hibridni sustav. Hibridni sustav oslanja se na kartografski poboljšanu kartografiku primjerenu i za vizualizaciju na zaslonu i za tisak visoke kvalitete. Uspostavom povezanosti između tih dvaju medija trebalo bi dobiti metodu proizvodnje odgovarajućih papirnatih karata visoke grafičke kvalitete kao sastavnog dijela sustava.

U radu se raspravlja o rezultatima istraživanja na Tehničko sveučilištu u Beču, do kojih je došla Istraživačka skupina za kartografiju. Rad se bavi tehničkim ograničenjima zaslona kao izlaznog medija, prilagodbom kartografike te međuovisnostima između razlučivosti izlaznog medija i mjerila.

Kartografike za zaslon i tisak razlikuju se u vizualizaciji ovisno o razlučivosti izlaznog medija. Veći grafički prikaz karte na zaslonu može se otisnuti u odgovarajućem manjem mjerilu s visokom grafičkom kvalitetom. Za primjer je uzeta upotrebljivost odgovarajućih grafičkih prikaza karte za vizualizacije na zaslonu u mjerilima 1:250 000 i 1:1 000 000.

Gljučne riječi: multimedija, interaktivnost, atlasni informacijski sustav, kartografika, vizualizacija

1. Uvod

U posljednjih 20 godina internet je postao novim medijem za prijenos informacija za kartografiju i kartografske aplikacije. Nudi različite načine prijenosa prostornih informacija kroz odgovarajuće vizualizacije osnovnih prostornih podataka (topografskih i tematskih) – tzv. geovizualizacije.

Važna područja primjene su regionalni, nacionalni i globalni atlasni u obliku na webu utemeljenih, multimedij-skih i interaktivnih atlasnih informacijskih sustava (MI-AIS).

Pri uređivanju takvoga kartografskog djela potrebno je uzeti u obzir da su interaktivnost i multimedija kao novi

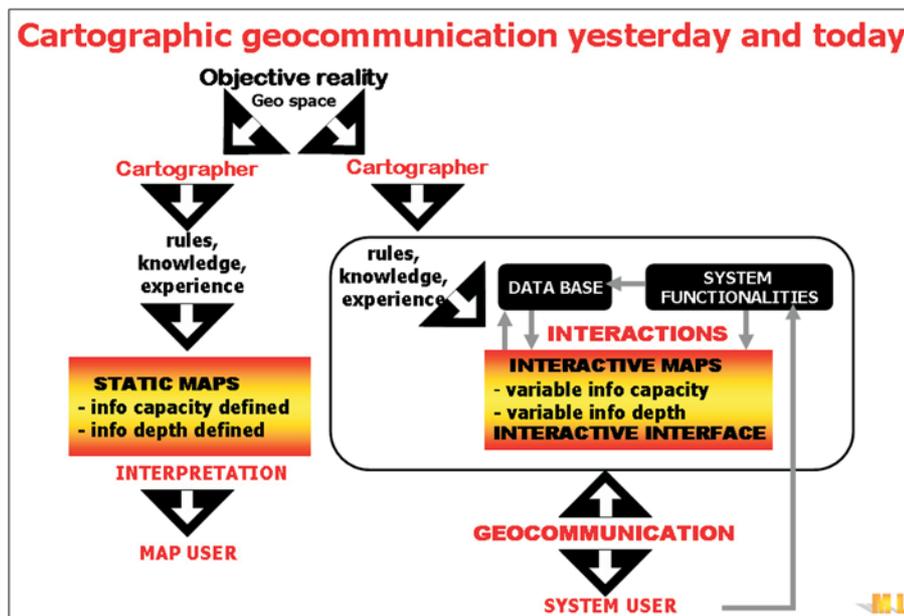


Fig 1. Example of cartographic geocommunication "yesterday and today" (Kelnhöfer 2001)

6 is in the middle of a fast developing process. The map graphics pose as an essential part of the graphical user interface (GUI) that enables the user to investigate the offered geodata and geoinformation. The need to apply rigorous cartographic principles in the system, good design techniques and skills is now evident more than ever, with the aim of making the communication of spatial information – geocommunication – from MI-AIS richer, more efficient, and possibly more personalized.

Methods and techniques of modern "ubiquitous" cartography (Gartner 2005, Gartner et al. 2006) try to make possible to provide a user with necessary information in any place and in any situation. The tools and embedded system functionalities closely linked to general web browser functionality allow different user groups to make queries to the database, select the data variables to be visualized, and they often need their own result displayed with own map symbology (Lechthaler et al. 2005, Persson et al. 2005) in real time. Therefore, the new web technology and lower equipment costs allow everyone, even those without cartographic knowledge, to communicate and visualize geoinformation by producing their own cartographic products. The rules and grammars of cartographic processes are often broken (Kraak 2001).

Therefore, for effective geocommunication supported by MI-AIS it is necessary to embed in the system:

- ❑ Definition and realization of the needed functionalities which make efficient geocommunication possible,
- ❑ System navigation and applied interactions that support a sensible and meaningful "restrictive-flexible" user leadership and
- ❑ Formalization of the cartographical rules for the proper thematic online modelling and visualization of the geometry and thematic data in the given scale.

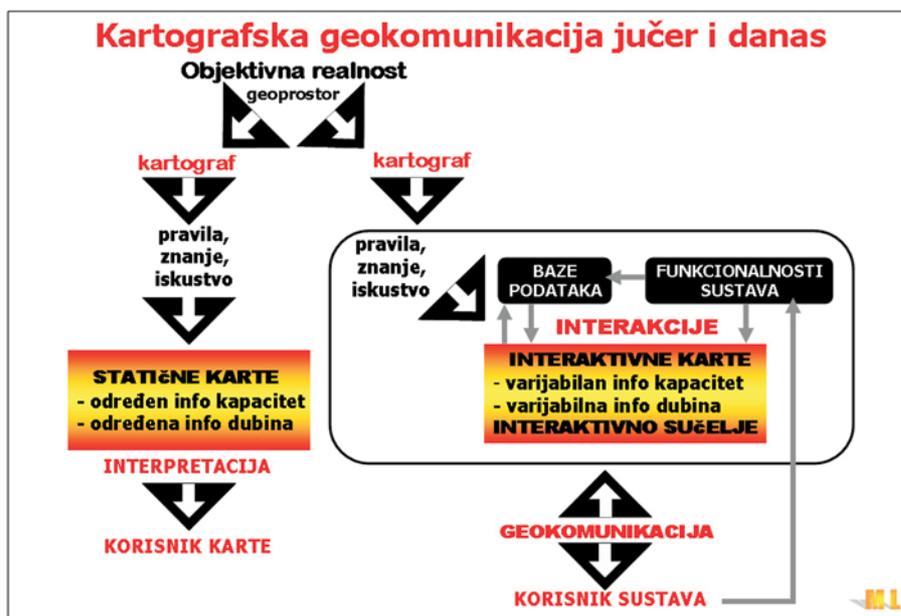
So the need to apply rigorous cartographic principles in the system, good design techniques and skills is more evident than ever, with the aim to make the geocommunication within MI-AIS richer, more efficient, and possibly more personalized.

2 Aspects of Cartographic Geocommunication "Yesterday and Today"

If cartography tries to describe and define the processes of cartographic geocommunication, that is formalize the map production and map use process, the model most commonly employed is the traditional, so-called primary communication „transmitter-receiver“ model. This model, consisting of two absolute values „stimulus – response“ connected by a portable medium called „channel“, represents the model of one-way information flow between the map (transmitter) and the user of the map (receiver) and does not include physical and cognitive interactions between the systems cartographer – map – user (Faby et al. 2006), which are the basis of the communication process.

Kolacny (1970) represents the cartographic communication process by a detailed scheme, which has been referred to in a modified form a countless number of times (Lechthaler 2004b). „Stimulus – response – model“ and its variations are suitable for the description of static and, as has already been mentioned, one-way communication and the cognitive process during the use of analogous – paper map.

Actual Internet communication services and implemented new technologies support the user's multimedia and interactive exploration of spatial information. In this case, the centre of cartographic activity does not hold



Slika 1. Primjer kartografske geokomunikacije „jučer i danas“ (Kelnhöfer 2001)

oblik izražavanja u središtu brzog procesa razvoja. Kartografika je bitan dio grafičkoga korisničkog sučelja (graphical user interface – GUI), koji korisniku omogućuje istraživanje ponuđenih geopodataka i geoinformacija. Potreba za primjenom rigoroznih kartografskih principa u sustavu, dobrih tehnika dizajna i vještina danas je vidljivija nego ikad, s ciljem da prijenos prostornih informacija – geokomunikacija – iz MI-AIS-a postane bogatija, učinkovitija, te možda i bliža osobnim potrebama korisnika.

Metode i tehnike moderne sveprisutne (engl. *ubiquitous*) kartografije (Gartner 2005, Gartner i dr. 2006) pokušavaju omogućiti da se korisniku za njegove potrebe na svakome mjestu i u svakoj situaciji pružaju potrebne informacije. Alati i ugrađene funkcionalnosti sustava blisko povezane s općom funkcionalnosti web preglednika omogućuju različitim skupinama korisnika postavljanje upita bazi podataka, biranje varijabli za vizualizaciju, i rezultat im se često treba prikazati vlastitim izborom kartografskih znakova u stvarnom vremenu (Lechthaler i dr. 2005, Persson i dr. 2005). Dakle, web tehnologija i niže cijene opreme omogućuju svima, čak i onima bez kartografskog znanja, komuniciranje i vizualizaciju geoinformacija proizvodnjom vlastitih kartografskih proizvoda. Pravila i gramatika kartografskih procesa često se pritom krše (Kraak 2001).

Prema tome, za učinkovitu geokomunikaciju podržanu od MI-AIS-a potrebno je ugraditi u sustav:

- definiciju i realizaciju potrebnih funkcionalnosti koje omogućuju učinkovitu geokomunikaciju,
- navigaciju sustavom i primijenjene interakcije koje podržavaju smisleno “ograničeno-fleksibilno” vodstvo korisnika i
- formalizaciju kartografskih pravila za primjereno tematsko online modeliranje i vizualizaciju geometrije i tematskih podataka u danome mjerilu.

Primjena strogih kartografskih načela u sustavu, te dobre tehnike i vještine oblikovanja, važnije su nego ikada do sad, kako bi geokomunikacija unutar MI-AIS-a bila efikasnija i po mogućnosti prilagodljivija.

2. Aspekti kartografske geokomunikacije “jučer i danas”

Ako se u kartografiji pokušaju opisati i definirati procesi kartografske geokomunikacije, odnosno pokušati se proces proizvodnje i korištenja karata formalizirati, tada se najčešće poseže za tradicionalnim, tzv. primarnim komunikacijskim modelom „odašiljač-prijamnik“. Taj model, sastavljen od dvije apsolutne veličine „podražaj – odgovor“ povezanih prijenosnim medijem „kanal“, model je jednosmjernog informacijskog toka između karte (odašiljač) i korisnika karte (prijamnik) i ne uključuje fizičke i kognitivne interakcije među sustavima kartograf – karta – korisnik (Faby i dr. 2006), koje su osnova komunikacijskog procesa.

Kolacny (1970) prikazuje kartografski komunikacijski proces detaljnom shemom, koja se modificirana sve do današnjih dana nebrojeno puta citirala (Lechthaler 2004b). Model „podražaj – odgovor“ i njegove varijacije prikladne su za opis statičke, i kako je već spomenuto, jednosmjerne komunikacije i kognitivnog procesa pri upotrebi analogne – papirne karte.

Aktualne internetske komunikacijske usluge i implementirane nove tehnologije podržavaju korisnikovo multimedijско i interaktivno istraživanje prostornih informacija. U tom slučaju, u središtu kartografske djelatnosti ne stoji proizvodnja i upotreba tiskane karte kao primarnog i konačnog proizvoda. Korisnik je neposredno uključen u interaktivni komunikacijski proces koji omogućuje individualno i dinamičko generiranje informacija o prostoru.

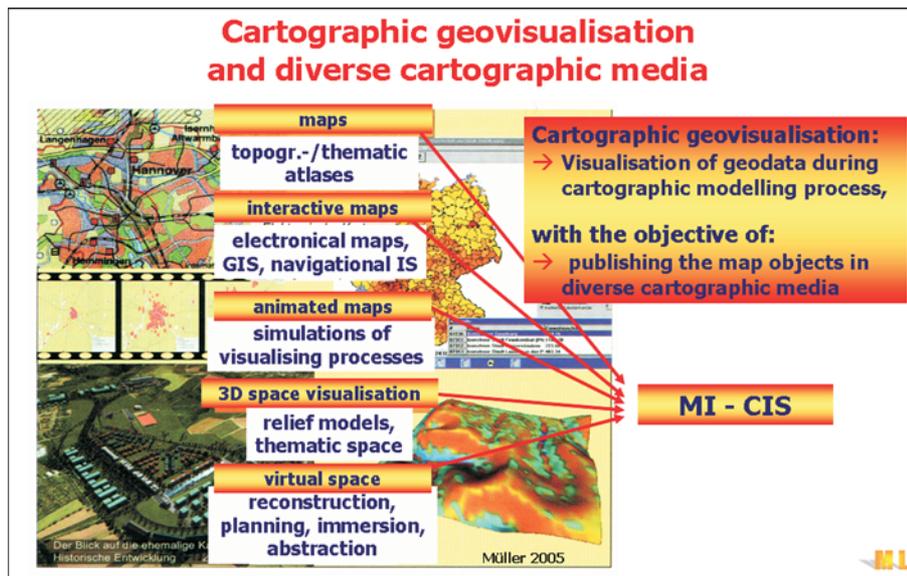


Fig. 2. Cartographic geovisualization and different cartographic media (Müller 2005, modified)

8

production and use of printed maps as the primary and final product. The user is directly involved in the interactive communication process that enables individual and dynamic generation of spatial information.

One variation of the „stimulus – response” model, which, as the time passed, was directed to the representation of interactions in the system, including the user „restricting-flexible“ into the generation of individual meaningful cartographic models, is shown in Fig 1.

3 Characteristics of Cartographic Media

The goal of cartography is to transfer information about spatial objects, states and phenomena via geocoded carto-objects in various cartographic media (Fig 2),

out of which the map is the most often used. Cartographic media are an integral part of MI-AIS. Carto-objects are generated during cartographic modelling (Fig 3).

Cartographic modelling includes the complex iterative process of cartographic generalization, geovisualization and unavoidable harmonisation of graphically transformed geo-objects of the primary spatial model into map-objects of the secondary spatial model (Lechthaler 2004a). Description or meaning, i.e. geo-object semantics is tied to the graphic symbols – map graphics, whose position is defined by the scale. The meaning is generalized and falls under a previously determined hierarchy (i.e. roads classified into groups). In this way, individual marks of individual geo-objects change, disappear and are represented incompletely or not enough sharp. In order for a cartographic model to be legible and the user

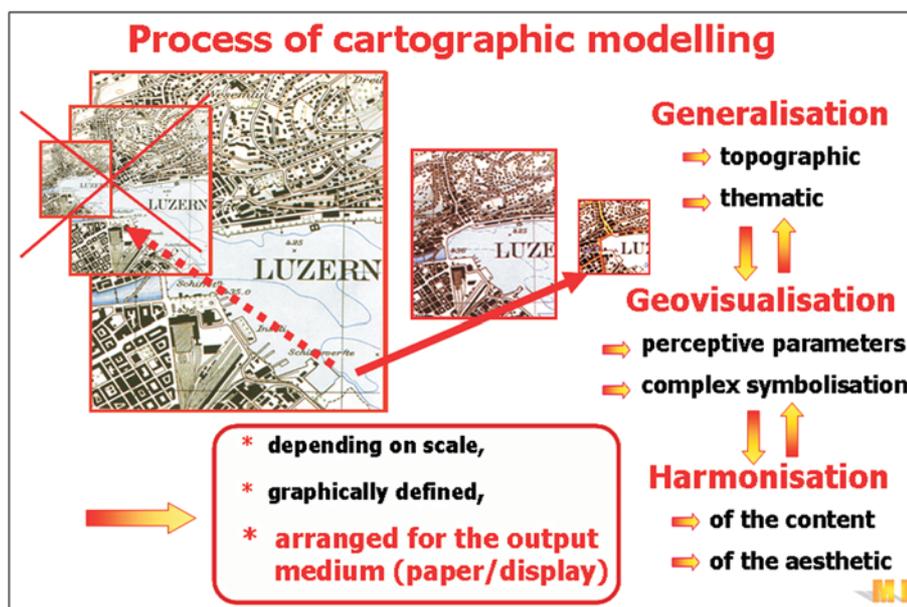


Fig. 3. Process of cartographic modelling



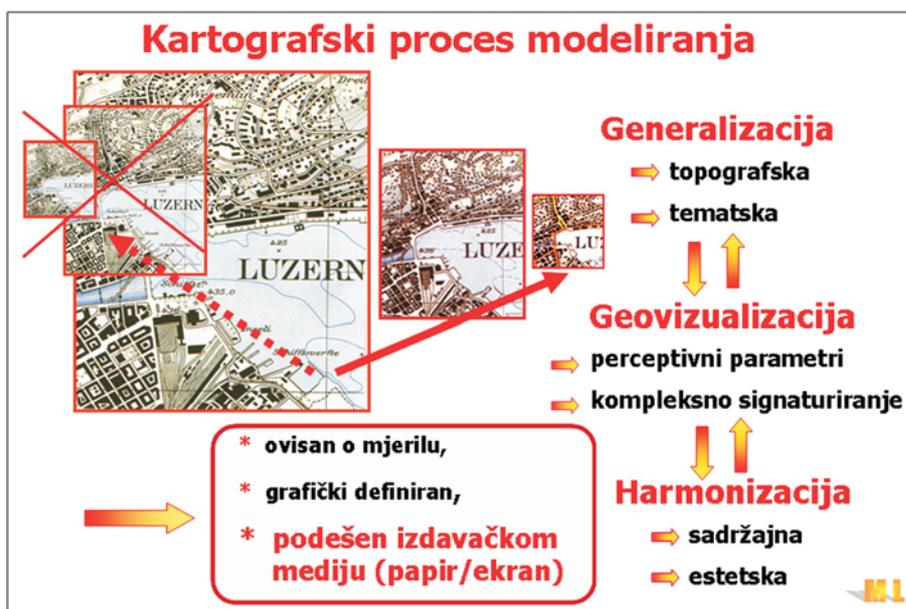
Slika 2. Kartografska geovizualizacija i različiti kartografski mediji (Müller 2005, modificirano)

Jedna od varijacija modela „podražaj – odgovor”, koje su s vremenom išle sve više u smjeru prikaza interakcija u sustavu, uključujući korisnika „ograničavajuće-fleksibilno“ u generiranje vlastitih smisaonih kartografskih modela, prikazana je na slici 1.

3. Karakteristika kartografskih medija

Zadaća kartografije je prijenos informacija o prostornim objektima, stanjima i pojavama putem geokodiranih kartoobjekata u različitim kartografskim medijima (slika 2), od kojih se najčešće koristi karta. Kartografski mediji su sastavni dio MI-AIS-a. Kartoobjekti su generirani u procesu kartografskog modeliranja (slika 3).

Kartografsko modeliranje podrazumijeva kompleksni iterativni proces kartografske generalizacije, geovizualizacije i potrebne harmonizacije grafički transformiranih geobjekata primarnog modela prostora u kartoobjekte sekundarnog modela prostora (Lechthaler 2004a). Pritom je na grafičke znakove – kartografiku, čiji je položaj mjerilom definiran, vezan opis ili značenje, tj. semantika geobjekata. Značenje je poopćeno i podliježe unaprijed određenoj hijerarhiji (npr. prometnice klasificirane u skupine). Na taj način mijenjaju se, gube i prikazuju nepotpuno i neoštro individualne oznake pojedinih geobjekata. Kako bi kartografski model bio čitak i kako bi ga korisnik mogao vizualno preuzeti i razumjeti, kartografika mora biti podešena perceptivnim parametrima korisnika i ne manje važnim tehničkim restrikcijama izdavačkih medija – papira ili ekrana.



Slika 3. Proces kartografskog modeliranja

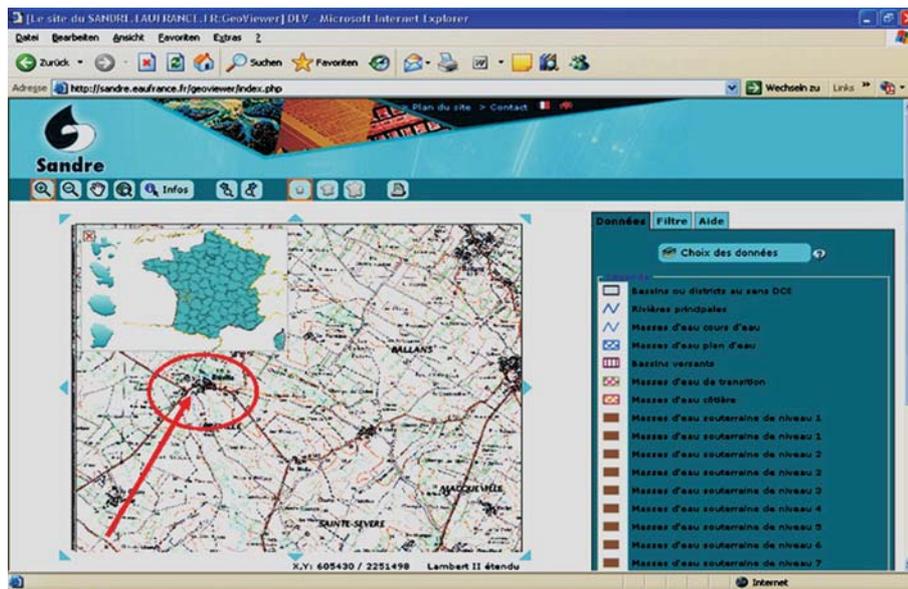


Fig. 4. Scanned analogue map implemented in a AIS (URL 1)

Slika 4. Skenirana analogna karta implementirana u AIS-u (URL 1)

10

is able to take it visually and understand it, the map graphics have to be adjusted to the perceptive parameters of the user and not less important technical restrictions of the publishing media – paper or display.

These are immanent characteristics of the cartographic model as an efficient geocommunication tool and have to be applied unconditionally in all cartographic media.

The further text is going to be focused on geovisualization in the MI-KIS cartographic media.

4 Cartographic Geovisualization

Cartography is exposed to constant changes in the technical environment. The largest technical revolution of the 20th century (Hurni 2005, 2006) was the transition from static paper-printed maps to interactive display geovisualizations in cartographic information systems. This transition was arguably the biggest innovation in the history of cartography! It was preceded by the transition from analogous to digital reproduction processes and techniques in production of cartographic originals for off-set printing.

Computer-aided cartographic modelling and processing, and the representation of map-objects in vector space heavily influenced the rapid development of MI-KIS. The use of innovative functions and tools in like technological systems, e.g.: geographic information system (GIS), computer-aided modelling (CAD), desktop-publishing raster graphics processing, Internet-aided geocommunication, as well as the development of various program languages are de facto the catalysts in the development of digital and interactive cartography.

Today's, the choice of interactive cartographic systems is technologically and thematically very wide and has become immense (Hurni 2006). From the cartographic

perspective, the systems mentioned attribute completely different importance to the principles of cartographic modelling, while the experience and knowledge of the cartographer oftentimes takes the back seat.

Using legible map graphics that are adapted to the technical requirements of the output medium is one of the main criteria for user acceptance of MI-CIS. Concerning the definition of cartographic legibility regarding the printed maps, much experience has been gained within the last few decades.

The situation is not the same for screen visualisation. Electronic atlases (Elzakker 1993) have not yet reached a high level, especially concerning the legibility of the represented geoinformation (Prohaska 2005), although the increased demand for interoperability and flexible exchange of formats is impelling a greater standardisation of geodata. But, the "standards" discourse of recent decades has largely ignored graphic quality and visual effectiveness (Monmonier 2005).

Nowadays, the implemented maps are still merely scanned analogue maps (Fig. 4).

Due to their technical restrictions, screen presentations suffer from deformation of the graphic elements that limit the legibility of the map (Fig. 5).

That is why the adaptation of these map graphics is imperative. This could be done by:

- Defining minimal dimensions (size and distance) of map graphics and lettering which is dependent on direction and shape,
- Thoughtful choice of the basic elements for graphic representations (points, lines, polygons, complex map signs and characters) and
- Deliberate choice and combination of graphic variables (size, shape, colour, orientation, lightness and patterns).

To su imanentne karakteristike kartografskog modela kao učinkovitoga geokomunikacijskog sredstva i bezuvjetno se moraju primijeniti u svim kartografskim medijima.

Daljnje izlaganje koncentrirano je na geovizualizaciju u kartografskome mediju MI-KIS.

4. Kartografska geovizualizacija

Kartografija je u tehničkom okružju izložena neprestanim promjenama. Najveća tehnološka revolucija 20. stoljeća (Hurni 2005, 2006) bila je prijelaz sa statičkih papirnih tiskanih karata na interaktivne ekranske geovizualizacije u kartografskim informacijskim sustavima. Taj je prijelaz nedvojbeno najveća inovacija u povijesti kartografije! Njoj je neposredno prethodio prijelaz s analognih na digitalne reproduksijske procese i tehnike pri izradi kartografskih originala za ofsetni tisak.

Računalom potpomognuto kartografsko modeliranje i obrada te prikaz kartoobjekata u vektorskom obliku posebno su utjecali na brzi razvoj MI-KIS-a. Upotreba inovativnih funkcija i alata u srodnim tehnološkim sustavima, npr. geoinformacijski sustav (GIS), računalom podržano modeliranje (CAD), stolno izdavaštvo, obrada rasterske grafike, internetom podržana geokomunikacija, kao i razvoj različitih programskih jezika ustvari su katalizatori u razvoju digitalne i interaktivne kartografije.

Danas je paleta interaktivnih kartografskih informacijskih sustava tehnološki i tematski vrlo široka i kroz to je postala nepreglednom (Hurni 2006). Kartografski gledano, spomenuti sustavi pridaju potpuno različitu važnost principima kartografskog modeliranja, pri kojem su često iskustvo i znanje kartografa u pozadini.

Upotreba kartografike koja je prilagođena tehničkim zahtjevima izlaznog medija jedan je od glavnih kriterija za prihvaćenost od strane korisnika MI-KIS-a. U posljednjih nekoliko desetljeća došlo je do mnogih spoznaja u vezi definiranja kartografske čitljivosti na papirnatim kartama.

Situacija nije ista za vizualizaciju na zaslonu. Elektronski atlas (Elzakker 1993) nisu još dosegli visoku razinu, pogotovo s obzirom na čitljivost predstavljenih geoinformacija (Prohaska 2005), iako povećana potražnja za interoperabilnošću i fleksibilnom razmjenom podataka u različitim formatima zahtijeva veću standardizaciju geopodataka. Međutim, rasprava o "standardima" posljednjih desetljeća većinom je zanemarivala grafičku kvalitetu i vizualnu učinkovitost (Monmonier 2005).

Danas su ugrađene karte još uvijek samo skenirane analogne karte (slika 4).

Zbog svojih tehničkih ograničenja, prikazi na zaslonu pate od deformacija grafičkih elemenata koje ograničavaju čitljivost karte (slika 5).

Zbog toga je prilagodba kartografike toliko važna. Može se postići:

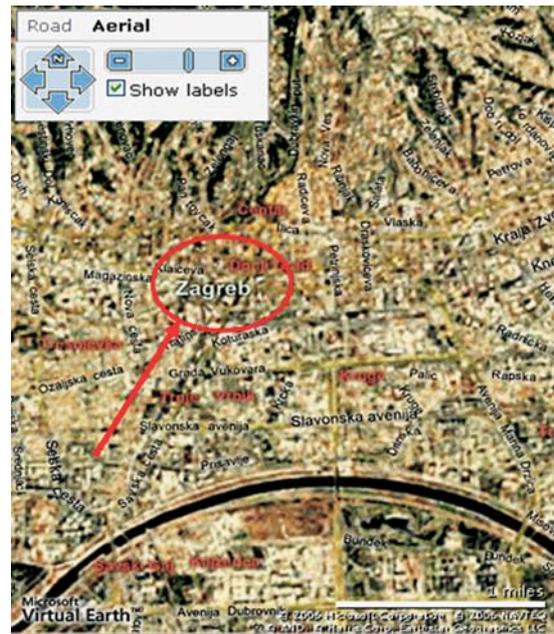


Fig. 5. Satelitska karta implementirana u interaktivnom AIS (URL 2)

Slika 5. Satelitska karta u interaktivnom AIS-u (URL 2)

- definiranjem minimalnih dimenzija (veličine i udaljenosti) kartografike i pismom na karti koje ovisi o smjeru i obliku,
- promišljenim izborom osnovnih elemenata za grafičke prikaze (točke, linije, poligoni, složeni znakovi i simboli) i
- promišljenim izborom i kombinacijom grafičkih varijabli (veličina, oblik, boja, orijentacija, svjetlina i uzorci).

Taj je popis usmjeren specifično na topografske podatke, ali je valjan i za tematske podatke. Autori će se usredotočiti na kartografsku geovizualizaciju topografskih podataka u MI-AIS-u.

Primjena kartografike prilagođene zaslonu zauzima više prostora na karti. To djeluje na informacijski sadržaj atlasne karte, što znači nedovoljan prijenos informacija zbog veće kartografike. Međutim, niža grafička gustoća kompenzira se sposobnošću potpunog istraživanja raspona sadržaja interaktivnim programima ugrađenima u sustav kako bi se došlo do primarnih geopodataka. To dovodi do učinkovitijeg sustava kapacitet kojega nije mnogo ograničen.

Nadalje, sustav bi trebao pružati mogućnost tiskanja rezultirajućih svrhovitoorijentiranih karata i/ili onih koje su izradili korisnici, karata visoke kartografske kvalitete, što znači uobičajenom grafičkom kvalitetom i gustoćom kartografike ovisno o mjerilu. Ta dvojnost zahtijeva kartografiku prilagođenu za više medija (cross-media-adapted map graphics) – zaslon i papir – te kombinaciju određenih izlaznih mjerila karte, što je osnovna tema ovoga članka.

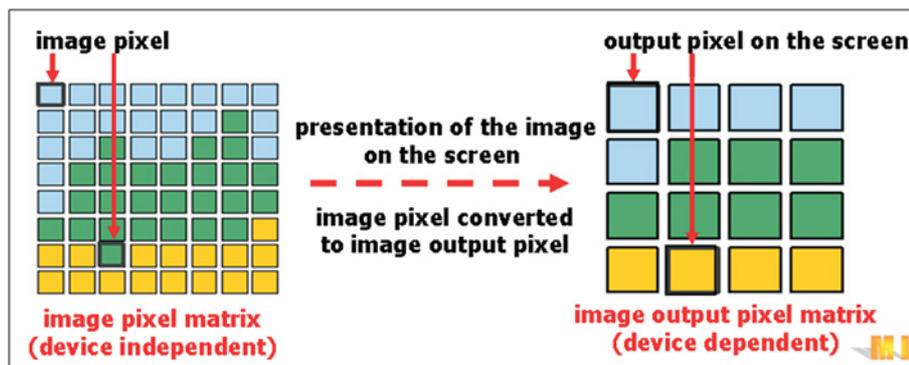


Fig. 6. From device-independent pixels to device-dependent output pixels

This listing is specifically focused on topographic data, but is also valid for thematic data. In the following, the authors will concentrate on the cartographic geovisualization of topographic data in the MI-AIS.

The application of screen-adapted map graphics takes up more map space. This has an effect on the information content of the atlas map that means insufficient information transfer due to larger map graphics. But, the lower graphic density is compensated by the ability to fully investigate the range of content with system implemented interactive facilities to access primary geodata. This leads to a more efficient system with hardly any capacity limits.

In addition, the system should provide the possibility to print the resulting purpose-oriented and/or user-made own screen maps in high cartographic quality, which equals to the usually graphic quality and density of map graphics depending on the different scale. This duality requires cross-media-adapted map graphics – screen and print – and the combination of certain output map scales that is the topic of the work presented in this article.

5 Screen-Adapted Cartographic Visualisation

The design of screen-adapted atlas maps is a big challenge for cartographers. During the design process and editorial work they have to be both: “map makers” and “system designers”. Their tasks include scale-dependent adaptation of generalisation, geovisualization and harmonisation, as well as the preparation for an optimal use of the screen as an output medium and the Internet as a transport medium.

As long as the screen is only a part of the production process of an analogue map, the low resolution is no obstacle. For the visualisation on screen, the map is the central object and therefore the attention has to be turned towards the design of the map graphics (Lechthaler et al. 2006b).

Good map graphics should (Keates 1989, Spiess et al. 2002, Hake et al. 2002):

- Mediate spatial information,

- Ease the map face by highlighting substantial contents,
- Ensure the required accuracy in position,
- Use associative signs,
- Convey a clear and correct message,
- Follow cartographic guidelines and
- Be legible.

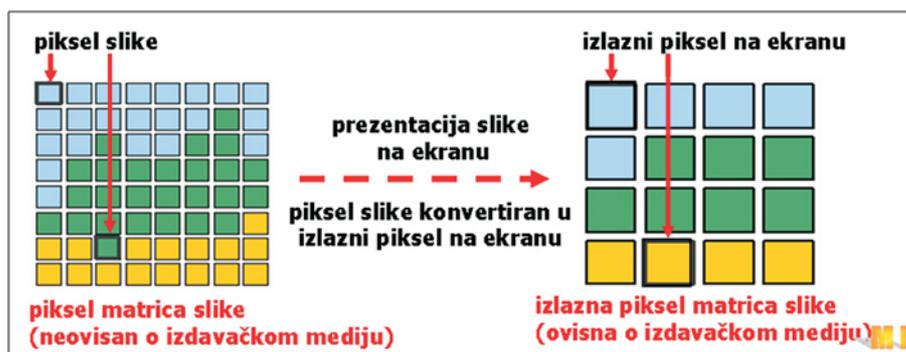
The visualisation of digital maps according to the characteristic sheet results in deformations of the map face caused by the technical restrictions of the screen. Thus the characteristic sheet has to be adapted to the requirements of the new output medium. In this respect minimal dimensions play a crucial role. Their definition is highly connected with the resolution achieved on the screen.

5.1 Technical restrictions of the screen as an output medium

When producing a digital map, the device-independent pixels (of which graphics are internally composed) have to be converted into those output pixels one can see on the screen. The number of output pixels defines the resolution of the screen. It is the most important restriction of this output medium. Other restrictions are the form of output pixels, the colour depth, image interferences and the refresh rate.

5.1.1 Pixel, output pixel, size and resolution of the output medium

A pixel is the elementary image element of a digital image pixel matrix. Each image element stores an individual colour/intensity value for the respective position, which becomes visible when visualised on the intended device (screen or printer). Thus, device independent image elements are converted into device dependent output pixels (Fig. 6), caused by different screen masks or printing heads. The screen masks determine the screen resolution and therefore have an impact on the size and form (square or triangular) of output pixels (Malić 1998, Neudeck 2001, Jobst 2005). Finally, the quality of screen visualisation depends on the amount of image output pixels per inch (dots per inch = dpi). Higher reso-



Slika 6. Od piksela neovisnih o uređaju do izlaznih piksela ovisnih o uređaju

5. Kartografska vizualizacija prilagođena zaslonu

Dizajn atlasnih karata prilagođen zaslonu kartografima je velik izazov. Za vrijeme procesa dizajna i uređivanja oni moraju istodobno biti "proizvođači karata" i "dizajneri sustava". Njihovi zadaci uključuju o mjerilu ovisnu prilagodbu generalizacije, geovizualizacije i harmonizacije, kao i pripremu za optimalnu upotrebu zaslona kao izlaznog medija i interneta kao medija prijenosa.

Dokle god je zaslon samo dio procesa proizvodnje analogne karte, niska rezolucija nije prepreka. Za vizualizaciju na zaslonu karta je središnji objekt i stoga treba usmjeriti pozornost na dizajn kartografike (Lechthaler i dr. 2006b).

Dobra kartografika treba (Keates 1989, Spiess i dr. 2002, Hake i dr. 2002):

- prenositi prostorne informacije
- olakšati čitanje karte označavajući važne sadržaje
- osigurati zahtijevanu pložajnu točnost
- upotrebljavati asocijativne znakove
- prenositi jasnu i točnu poruku
- slijediti kartografske smjernice i
- biti čitljiva.

Vizualizacija digitalnih karata prema karakterističnom listu rezultira deformacijama koje uzrokuju tehnička ograničenja zaslona. Tako se karakteristični list mora prilagoditi zahtjevima novog izlaznog medija. U tom pogledu ključnu ulogu imaju minimalne dimenzije. Njihova je definicija visoko povezana s razlučivošću dobivenom na zaslonu.

5.1. Tehnička ograničenja zaslona kao izlaznog medija

Prilikom proizvodnje digitalne karte, piksele neovisne o uređaju (od kojih se grafika sastoji) potrebno je pretvoriti u takve izlazne piksele koji se mogu vidjeti na zaslonu. Broj izlaznih piksela određuje razlučivost zaslona. To je najvažnije ograničenje tog izlaznog medija. Ostala ograničenja su oblik izlaznih piksela, dubina boje, smetnje slike i frekvencija osvježenja.

5.1.1. Piksel, izlazni piksel, veličina i razlučivost izlaznog medija

Piksel je osnovni element slike matrice digitalne slike. Svaki element slike čuva pojedinu vrijednost boje/intenziteta za odgovarajuću poziciju, što postaje vidljivo kada se vizualizira na odgovarajućem uređaju (zaslon ili printer). Tako se elementi slike neovisni o uređaju pretvaraju u izlazne piksele ovisne o uređaju (slika 6), što čine različite maske zaslona ili uređaj za tisak. Maske zaslona određuju razlučivost zaslona i stoga utječu na veličinu i oblik (kvadratičan ili trokutast) izlaznih piksela (Malić 1998, Neudeck 2001, Jobst 2005). Konačno, kvaliteta vizualizacije na zaslonu ovisi o broju izlaznih piksela slike po inču (točaka po inču, dots per inch = dpi). Viša razlučivost znači da je ista veličina područja karte opisana s više elemenata slike. Razlučivost izlaznog uređaja ne može biti viša od razlučivosti matrice piksela slike.

Prosječna veličina izlaznog piksela je 0,2mm × 0,2mm do 0,4mm × 0,4mm, a prosječna razlučivost tiskanja je oko 0,1mm. Prema tome, razlučivost zaslona je oko 2 do 4 puta niža od razlučivosti tiskane karte.

Za sljedeće istraživanje autori su definirali prosječnu veličinu piksela koja je služila kao faktor pretvaranja između broja piksela slike i pokrivena veličine zaslona. Kako se ne bi zapostavili zaslona s nižom razlučivošću, vrijednostima unutar intervala dodijeljena je relativno visoka vrijednost: 1 pt (tipografska točka¹) = 0,375 mm.

5.2. Osnovna pravila geovizualizacije prilagođene zaslonu

Kao što je prije opisano, tehnička ograničenja zaslona rezultiraju smetnjama na zaslonu, koje bi trebalo smanjiti ugradnjom kartografike prilagođene zaslonu. Tako se dobiva privlačan izgled karte, koji je preduvjet karte visoke grafičke kvalitete i stoga visoke prihvaćenosti od strane korisnika. Kako bi se ostvario privlačan dizajn karte, ključno je:

- da je kartografika čitljiva i da grafička gustoća nije previsoka,

¹ „Tipografske točke“ se upotrebljavaju u tiskanju slova za definiranje veličine fonta (Bollmann i dr. 2002).

lution means that the same size of the map area is described with more image elements. The resolution of the output device cannot be higher than the resolution of the image pixel matrix.

The average output pixel size is 0.2mm × 0.2mm to 0.4mm × 0.4mm and the average printing resolution is about 0.1mm. According to this, the screen resolution is about 2 to 4 times lower than the resolution of the printed map.

For the following investigations the authors defined the average pixel size, which served as a conversion factor between the amount of image pixel and the covered screen size. In order not to neglect screens with a lower resolution, values within the interval were given a relatively high value: 1 pt (typographic point¹) = 0.375 mm.

5.2. Basic rules of screen-adapted geovisualization

As described above, the technical restrictions of the screen result in image interferences, which should be reduced by the implementation of screen-adapted map graphics. Thus an attractive map appearance is created, which is the precondition of a map with a high graphical quality and consequently a high user acceptance. In order to achieve an attractive map design, it is crucial that:

- Map graphics are legible and the graphic density is not too high,
- The resolution of the map is adapted to the resolution of the presenting screen,
- The signs are differentiable,
- The colours are assembled harmoniously and
- The overall layout is visually pleasing.

In order to fulfil these criteria, it is necessary to invent minimal dimensions for representations on the screen. Beyond that, recommendations for the right choice of colours and lettering, as well as shapes, patterns and orientation should be given.

5.2.1 Minimum dimensions

When changing the scale of a map to a smaller scale, the representation of objects diminishes until it is not legible any more. Therefore the size of the objects, which are yet legible, is of great interest (Stadler 2004).

Minimum dimensions are minimum values for the perception (or legibility) of graphic elements (respectively map elements) concerning their size and distance from each other under normal conditions of perception (Bollmann et al. 2002).

They depend on two factors:

- The aligning power (resolution) of the human eye and
- The restrictions of the used output medium and/or the efficiency of the used map production techniques.

¹ „Typographic points“ are used in letterpress to define the size of fonts (Bollmann et al. 2002).

The aligning power is the distance at which two points can still be perceived separately. It depends on the reading distance, on the wavelength of the surrounding light and on the visual faculty of the user. In case of normal daylight, the following values for the aligning power can be identified (Neudeck 2001).

Table 1. The aligning power of the human eye depending on the reading distance (Neudeck 2001)

Reading distance	Aligning power
30 cm (paper)	0.05 mm
60 cm (screen)	0.10 mm ⁽²⁾

Concerning the definition of minimum dimensions, it is important to remain above these values. The technical limitations for printing restrict the minimum line width to 0.1 mm. Presuming an average reading distance of 30 cm, the value is twice as high as the aligning power for this distance and therefore suitable as a minimum dimension. This and other important values are listed in table 2. Due to the coarse resolution, the minimum dimensions for screen representations clearly have to be higher.

The values listed in table 2 refer to the inspection of strongly contrasted map elements under normal light conditions.

5.2.2. Characteristics of screen-adapted cartographic sheets

Besides regarding the minimum dimensions, it is fundamental to consider some other restrictions concerning map design. In terms of colours, there are hardly any technical restrictions. Depending on the colour depth, a variety of colours (defined by their additive RGB-values) may be generated. To achieve standardised representations, indexed web colours have been developed. Their intensity differences fulfil the requirements of colour differentiation. Furthermore, traditional demands on the use of associative colours and the clear distinction between foreground and background colours have to be met.

In terms of shapes, directions and patterns, the following conditions should be kept:

- The use of rectangles and squares instead of circles, triangles or complex signs,
- Alignment parallel to pixels (prevention of transverse lines or signs),
- Avoidance of different line styles (dashed lines, double lines) and
- Scarce use of linear elements (no area borders).

² The aligning power of 0.10mm from a distance of 60cm is an obvious indicator for singular pixels (with the size of 0.20mm × 0.20mm to 0.40mm × 0.40mm) to be easily perceived.

- da je razlučivost karte prilagođena razlučivosti zaslona na kojem se prikazuje,
- da se znaci mogu razlikovati,
- da su boje složene skladno i
- da je cjelokupni izgled vizualno zadovoljavajući.

Kako bi se ostvarili ti kriteriji, nužno je utvrditi minimalne dimenzije za prikaze na zaslonu. Nakon toga treba dati prijedloge za pravi izbor boja i označavanja, kao i oblika, uzoraka i orijentacija.

5.2.1. Minimalne dimenzije

Prilikom mijenjanja mjerila karte u manje mjerilo, prikaz objekata se pogoršava sve dok više nije čitljiv. Stoga je veličina objekata koji još nisu čitljivi vrlo interesantna (Stadler 2004).

Minimalne dimenzije su najmanje vrijednosti za opažanje (ili čitljivost) grafičkih elemenata (odnosno elemenata karte) s obzirom na njihovu veličinu i međusobnu udaljenost u normalnim uvjetima opažanja (Bollmann i dr. 2002).

Ovise o dva čimbenika:

- razlučivosti ljudskog oka i
- ograničenju upotrijebljenog izlaznog medija i/ili učinkovitosti upotrijebljenih tehnika proizvodnje karata.

Razlučivost ljudskog oka je udaljenost na kojoj se dvije točke još uvijek mogu opažati odvojeno. Ovisi o udaljenosti čitanja, valnoj duljini okolnog svjetla i vizualnoj sposobnosti korisnika. U slučaju normalnog dnevnog svjetla, mogu se odrediti vrijednosti za razlučivost ljudskog oka prikazane u tablici 1 (Neudeck 2001).

Tablica 1. Razlučivost ljudskog oka ovisno o udaljenosti čitanja (Neudeck 2001)

Udaljenost čitanja	Razlučivost ljudskog oka
30 cm (papir)	0,05 mm
60 cm (zaslon)	0,10 mm ⁽²⁾

Što se tiče određivanja minimalnih dimenzija, važno je ostati iznad tih vrijednosti. Tehnička ograničenja za tisak čine minimalnu širinu linije od 0,1 mm. Pretpostavimo li prosječnu udaljenost čitanja od 30 cm, ta je vrijednost dva puta veća od razlučivosti ljudskog oka za tu udaljenost i stoga primjerena kao minimalna dimenzija. Te i druge važne vrijednosti navedene su u tablici 2. Zbog grube razlučivosti, jasno je da minimalne dimenzije za prikaz na zaslonu moraju biti veće.

² Razlučivost ljudskog oka od 0,10 mm s udaljenosti od 60 cm očiti je indikator da se pojedini pikseli (veličine 0,20 mm × 0,20 mm do 0,40

Vrijednosti u tablici 2 odnose se na opažanje visoko kontrastnih elemenata karte pod normalnim uvjetima osvjetljenja.

5.2.2. Svojstva kartografskih listova prilagođenih zaslonu

Osim minimalnih dimenzija, veliko značenje ima i razmatranje nekih drugih ograničenja koja se odnose na dizajn karte. Što se tiče boja, gotovo da i ne postoje tehnička ograničenja. Ovisno o dubini boje, može se stvoriti niz boja (određenih njihovim aditivnim RGB vrijednostima). Kako bi se ostvarili standardizirani prikazi, razvijene su indeksirane web boje. Njihove razlike u intenzitetu zadovoljavaju zahtjeve za razlikovanje boja. Nadalje, treba zadovoljiti tradicionalnu potražnju za upotrebom asocijativnih boja i jasno razlikovanje između boja u prednjem planu i boja pozadine.

Što se tiče oblika, smjerova i uzoraka, trebalo bi zadržati sljedeće uvjete:

- upotreba pravokutnika i kvadrata umjesto krugova, trokuta i složenih znakova,
- poravnanje paralelno s pikselima (izbjegavanje poprečnih linija ili znakova),
- izbjegavanje različitih stilova linija (isprekidane linije, dvostruke linije) i
- rijetka upotreba linearnih elemenata (nema granica područja).

6. Prijedlozi za kartografiku prilagođenu zaslonu unutar MI-AIS-a

Kada se razmišlja o definiranju kartografike, potrebno je razmotriti dvojni karakter sustava. Sustav bi trebao pružati vizualizacije pogodne za zaslon, kao i one otisnute visoke kvalitete. Znamo da se ta dva izlazna medija razlikuju po tehničkim i formalnim ograničenjima. U oba je slučaja potrebno primijeniti prilagođenu kartografiku kako bi sadržaj ostao čitljiv.

Budući da automatska generalizacija još nije moguća, karte se ne mogu raditi u hodu (on-the-fly) u pojedinim mjerilima. Stoga je potrebno definirati niz fiksnih mjerila koja se mogu kartografski obraditi. Svako od tih mjerila predstavlja stvarni svijet u drugoj prostornoj razlučivosti. Alati interaktivnog istraživanja podataka jedina su veza između kartografike i originalnih podataka (primarnih podataka).

Zbog toga se preporuča definiranje pojedinog niza mjerila za svaki izlazni medij i stvaranje kartografski unaprijed napravljenih i usklađenih (po sadržaju) razina mjerila prilagođavajući kartografiku koja predstavlja stvarni svijet u različitim prostornim razlučivostima. Deformacije kartografike zbog smetnja na zaslonu trebalo bi držati minimalnim, zato što su dopuštena samo ograničena područja povećanja unutar razine mjerila.

Table 2. Minimum dimensions for paper and screen (Malić 1998, Neudeck 2001)

	Minimum dimensions for paper		Minimum dimensions for screen		
Line width	0.1 mm		1 pt	0.4 mm	
Line distance	0.2 mm		2 pt	0.8 mm	
Filled square	0.3 mm	·	3 pt	1.1 mm	■
Filled disc	0.4 mm	·	4 pt	1.5 mm	●
Filled rectangle	0.3 mm × 0.6 mm	-	3 pt × 6 pt	1.1 mm × 2.3 mm	■
Horizontal font	5 pt = 1.9 mm	Writing	10 pt	3.8 mm	Verdana
Curved font	7 pt = 2.6 mm	Writing	14 pt	5.3 mm	Verdana

16

6. Suggestions for Screen-Adapted Map Graphics Within a MI-AIS

When thinking about a definition for map graphics, the dual character of the system has to be regarded. The system should provide visualisations suitable for the screen, as well as high-quality printouts. We know that these two output media differ in terms of technical and formal restrictions. To stay legible, adapted map graphics have to be used in both cases.

Because automated generalisation is not possible yet, maps cannot be derived on-the-fly in individual scales. Therefore it is necessary to define a series of fixed scales that can be cartographically processed. Each of those scales represents the real world in another spatial resolution. The interactive data exploration tools represent the only link between the map graphic and the original data (primary data).

For that reason it is advisable to define an individual succession of scales for each output medium and to create cartographically prefabricated and, in regard to the content, harmonised scale levels by adapting the map graphics which represent the real world in different spatial resolutions. Deformations of the map graphic by screen interference should be kept to a minimum, because only limited zoom areas within a scale level are allowed.

6.1 Screen-adapted geovisualization

Because of the individual parameters of different screens, a definition of minimum dimensions for screen-adapted characteristic sheets is very complex (Lechthaler et al. 2006b). Table 2 shows minimum dimensions for lines, for distances between two lines, for basic shapes and for fonts. Moreover, limitations according to the selection of colour, shape and font styles are substantial.

In consideration of the basic rules of screen-adapted geovisualization, the authors developed a recommen-

dation for the characteristic sheets for the sequence of scales: 1:250 000 (Fig. 7a) which is the basic scale of MI-KIS, 1:500 000, and 1:1 000 000 (Fig. 7b). This should guarantee a high-quality presentation of topographic objects on screen.

6.2 Production of high-quality printed maps out of screen-adapted geovisualizations

When designing a map for the presentation on screen, significantly higher minimum dimensions than for printed maps have to be considered because of the lower screen resolution. Presuming a relatively large pixel size of 0.375 mm (1 pt) and an average printing resolution of 0.1 mm, the resolution of the output medium screen is about 4 times lower. This implies, that a screen-adapted map with a scale 4 times larger, but yet with the same information content as the corresponding printed map, is acquired. Since there are no reasons, why a screen-adapted map could not be used for printing, it was decided to print this map in a scale 4 times smaller than the original map (Fig. 7c, d).

7 Conclusions

Maps which are adapted to screens and serve as a graphical user interface in an multimedia and interactive AtlasInformationSystem (MI-AIS) are the new generation of maps. Primary data (geographical basic data in the form of geometry and statistics) can be accessed by means of interactive system functionalities via map graphics which need to be clear, precise, legible, adapted to the used scale and adapted to the technical requirements of the output screen device.

Beside the presentation on screen, the modern user also demands an analogue output. This paper presents a method to generate map graphics of a MI-AIS with a special emphasis on cross-media publishing and the principles of scale-adapted cartographic data preparation.

Tablica 2. Minimalne dimenzije za papir i zaslon (Malić 1998, Neudeck 2001)

	Minimalne dimenzije za papir		Minimalne dimenzije za zaslon		
Širina linije	0,1 mm	———	1 pt	0,4 mm	———
Udaljenost linije	0,2 mm	=====	2 pt	0,8 mm	=====
Ispunjeni kvadrat	0,3 mm	.	3 pt	1,1 mm	■
Ispunjeni disk	0,4 mm	.	4 pt	1,5 mm	●
Ispunjeni pravokutnik	0,3 mm × 0,6 mm	-	3 pt × 6 pt	1,1 mm × 2,3 mm	■
Horizontalni font	5 pt = 1,9 mm	pismo	10 pt	3,8 mm	Verdana
Zakrivljeni font	7 pt = 2,6 mm	pismo	14 pt	5,3 mm	Verdana

6.1. Geovizualizacija prilagođena zaslonu

Zbog individualnih parametara različitih zaslona, definicija minimalnih dimenzija za karakteristične listove prilagođene zaslonu vrlo je složena (Lechthaler i dr. 2006b). Tablica 2 pokazuje minimalne dimenzije za linije, za udaljenosti između dviju linija, za osnovne oblike i za fontove. Nadalje, ograničenja koja se tiču izbora boje, oblika i stilova fonta su velika.

Prilikom razmatranja osnovnih pravila geovizualizacije prilagođene zaslonu, autori su razvili prijedlog za karakteristične listove za niz mjerila: 1:250 000 (slika 7a) koje je osnovno mjerilo MI-KIS-a, 1:500 000, te 1:1 000 000 (slika 7b). To bi trebalo jamčiti visokokvalitetnu prezentaciju topografskih objekata na zaslonu.

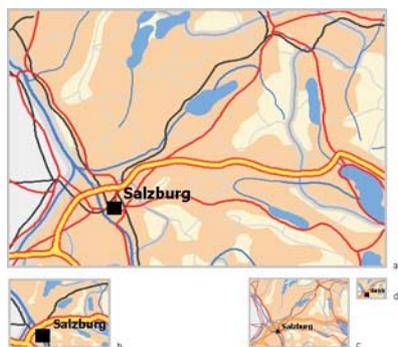


Fig. 7. Extract of the screen-adapted geovisualization of topographic elements a) 1:250 000, b) 1:1 000 000 and the corresponding printouts c) 1:1 000 000, d) 1:4 000 000.

Slika 7. Izvadak geovizualizacije prilagođene zaslonu topografskih elemenata a) 1:250 000, b) 1:1 000 000 i odgovarajućih otisaka c) 1:1 000 000, d) 1:4 000 000.

6.2. Proizvodnja visokokvalitetnih karata iz geovizualizacija prilagođenih zaslonu

Prilikom dizajniranja karte za prikaz na zaslonu, moraju se razmotriti znatno veće minimalne dimenzije za tiskane karte zbog niže razlučivosti zaslona. Pretpostavljajući relativno veliku veličinu piksela od 0,375 mm (1 pt) i prosječnu razlučivost tiskanja od 0,1 mm, razlučivost izlaznog medija zaslona je oko četiri puta manja. Prema tome, dobiva se karta prilagođena zaslonu koja je četiri puta veća, ali s jednakim informacijskim sadržajem kao odgovarajuća tiskana karta. Budući da ne postoji razlog zašto se karta prilagođena zaslonu ne bi mogla upotrijebiti za tisak, odlučili smo ju otisnuti u mjerilu četiri puta manjem od izvorne karte (slike 7c, d).

7. Zaključci

Karte koje su prilagođene zaslonu i koje služe kao grafičko korisničko sučelje u multimedijском i interaktivnom atlasnom informacijskom sustavu (MI-AIS) nova su generacija karata. Primarnim podacima (geoprostornim osnovnim podacima u obliku geometrije i statistike) može se pristupiti interaktivnim funkcionalnostima sustava putem kartografike koja mora biti jasna, precizna, čitljiva, prilagođena upotrijebljenom mjerilu i tehničkim zahtjevima izlaznog uređaja zaslona.

Osim prikaza na zaslonu, moderni korisnik također zahtijeva analogni izlaz. Ovaj članak prikazuje metodu izrade kartografike MI-AIS-a s posebnim naglaskom na izdavanje na više medija (cross-media publishing) i principe pripreme kartografskih podataka prilagođene mjerilu.

References / Literatura

- Bollmann, J., W. G. Koch (2002): Lexikon der Kartographie und Geomatik. Heidelberg, Spektrum.
- Elzakker, C. V. (1993): The use of electronic atlases. In: Klinghammer, I., L. Zentai, F. Ormeling (Eds.): Seminar on Electronic Atlases. Cartographic Institute of Eötvös Lorand University, Visegrad, Hungary, 145–155.
- Gartner, G. (2005): Individualisierung in der Kartographie am Beispiel der Siedlungsselektion. KN, 4, 181–186.
- Gartner, G., K. Oakley (2006): Emotional Landmarks as an Alternative View of Way Finding in Ubiquitous Cartography. In: Kriz, K., W. Cartwright, A. Pucher, M. Kinberger (Eds.): Kartographie als Kommunikationsmedium, Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Universität Wien, 17, 115–124.
- Faby, H., W. G. Koch (2006): Medienevolution und Kartographie. In: Kriz, K., W. Cartwright, A. Pucher, M. Kinberger (Eds.): Kartographie als Kommunikationsmedium, Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Universität Wien, 17, 130–141.
- Hake, G., Grünreich, D., Meng, L. (2002): Kartographie. 8. Aufl. Berlin, De Gruyter.
- Humi, L. (2005): Anwendung kartographischer Medien im Rahmen aktueller I+K-Technologien. KN, 5, 2005, 244–249.
- Humi, L. (2006): Interaktive Informationssysteme – Quo vaditis?. KN, 3, 137–142.
- Keates, J. S. (1989): Cartographic Design and Production, 2. Aufl. Longman Scientific & Technical, Essex.
- Kelnhöfer, F. (2001): Interaktive Informationserschließung aus der Sicht kartografischer Visualisierungsmethoden. In: Theorie 2000. Vorträge des kartographischen Symposiums, Tu Dresden. (= Kartographische Bausteine), 19, 95–112.
- Jobst, M. (2005): Überlegungen zu perzeptiven Größen in multimedialen 3D-Karten. In: Dodt, J., W. D. Rase (Eds.): Aktuelle Entwicklungen in Geoinformation und Visualisierung. Kartographische Schriften. Kirschbaum, Bonn, 10, 117–127.
- Kraak, M.-J. (2001): Web Maps and Atlases. In: Kraak, M.-J., A. Brown (Eds.): Web Cartography, Taylor and Francis, London, 135–140.
- Kolacny, A. (1970): Kartographische Informationen – ein Grundbegriff und Grundterminus der modernen Kartographie. In: Kirschbaum, G. M. a. K. H. Meine, (Ed): Internationales Jahrbuch für Kartographie, Kirschbaum, Bonn, 186–193.
- Lechthaler, M. (2004a): The Relevance of Cartographic Scale in Interactive and Multimedia Cartographic Information Systems. Kartografija i geoinformacije, Scientific and Professional Information Journal of the Croatian Cartographic Society, 3, 6–20.
- Lechthaler, M. (2004b): Cartographic Models as a Basis for Geo-Communication. In: Kereković, D. (Ed.): Geographical Information Systems in Research&Practice. International Conference on GIS. GIS Forum – Hrvatski informatički zbor, Zagreb, Croatia. Proceedings, 19–32.
- Lechthaler, M., Ch. Spanring, G. Katzelberger (2005): Cartographic Concept of Atlas Information System "ÖROK Atlas Online" – AIS Austria. Kartografija i geoinformacije, Scientific and Professional Information Journal of the Croatian Cartographic Society, 4, 30–45.
- Lechthaler M., A. Stadler (2006a): Kartographische Gestaltung einer bildschirmgerechten Visualisierung von Geobasisdaten. In: Kriz, K., W. Cartwright, A. Pucher, M. Kinberger (Eds.): Kartographie als Kommunikationsmedium, Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Universität Wien, 17, 248–255.
- Lechthaler M., A. Stadler (2006b): Ausgabenmediengerechte kartographische Visualisierung von Geobasisdaten in einem MI-KIS. In: Strobl, J., T. Blachke, G. Griesebner (Eds.): Angewandte Geoinformatik, Beiträge zum 18. AGIT-Symposium, Salzburg, Wichmann, Heidelberg, 365–374.
- Malić, B. (1998): Physiologische und technische Aspekte kartographischer Bildschirmvisualisierung. Dissertation, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn. Druck- und Werbegesellschaft m. b. H., Bonn.
- Monmonier, M. (2005): POMP and Circumstance: Plain Old Map Products in a Cybercartographic World. In: Fraser Taylor, D. R. (Ed.): Cybercartographie: Theory and Practice. Elsevier, Amsterdam. 15–35.
- Müller, A. (2005): Datenexploration und Wissenskommunikation. KN, 5, 236–243
- Neudeck, S. (2001): Zur Gestaltung topografischer Karten für die Bildschirmvisualisierung. Dissertation, Universität der Bundeswehr München, Heft 74.
- Persson, D., G. Gartner, M. Buchroithner (2005): Towards Typology of Interactivity Functions for Visual Map Exploration. In: Stefanikis, E., M.-P. Peterson, C. Armecanis, V. Delis (Eds.): Geo-Hypermedia'05, Proceedings of the 1st International Workshop on Geographic Hypermedia, Denver, Colorado, U.S.A.
- Prohaska, S. (2005): Interaktive Visualisierung und Datenanalyse: Herausforderung durch wachsende Datenmengen. In: Dodt, J., W.D. Rase (Eds.): Aktuelle Entwicklungen in Geoinformation und Visualisierung. Kartographische Schriften. Kirschbaum, Bonn, 10, 103–111.
- Spiess, E., U. Baumgartner, S. Am, C. Vez (2002): Topographische Karten, Kartographie und Generalisierung. Schweizerische Gesellschaft für Kartographie (Eds.), Kartographische Publikationsreihe Nr.16.
- Stadler, A. (2004): Verknüpfung korrespondierender Kartenelemente im Hinblick auf automatisierte Fortführung. Diploma thesis, Department of Geoinformation and Cartography, Vienna University of Technology.

URL 1: Le Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau (Sandre)

<http://sandre.eaufrance.fr/geoviewer/index.php> (Accessed August 7, 2006)

URL 2: Newsmap, an experimental news site combining Virtual Earth with Yahoo News

<http://muti.co.za/static/newsmapve.html> (Accessed August 7, 2006)