

The relevance of cartographic scale in interactive and multimedia cartographic information systems

Dr. Dipl. Ing. Mirjanka LECHTHALER

Institute of Geoinformation and Cartography

University of Technology Vienna, Karlsgasse 11, A 1040 WIEN

lechthaler@tuwien.ac.at, Tel +43 1 58801 12610, Fax +43 1 58801 12699

6

Abstract: The application of new technologies in the processes of gathering, analysing, transforming, visualizing and communicating of space data and geoinformation offers a great challenge for cartography. Cartographic information provision as described in several cartographic models, which is included in cartographic information systems depend on the graphical presentation/visualization at certain scales. That necessitates a need to define the capacity or content borders (geometry and semantic) for cognition and communication. However, currently we need and use maps as a vehicle for transportation of spatial and temporal information. Graphic constructions of geonalogies, linked with interaction, multimedia sequences and animations, support effective geocommunication, bridging the gaps imposed by having to work at pre-defined scales. This paper illustrates two interactive information systems, which were conceptualised and prototyped at the Institute of Cartography and Geomeia Technique, Vienna University of Technology.

Key words: cartographic information, cartographic space, cartographic scale, cartographic multimedia modelling process, interactive cartographic information systems

publications of the first type are oriented towards the transfer of geobject data, their state and appearances in space (Fig. 2), those of the second type present digital data documentation with the application of various technologies for visualization, included in specific SW applications (Fig. 3), while digital publications of the third type enable (via interactions) dual communication with the information system, using wired and wireless communication networks (Fig. 4, 5).

AGIT¹ symposium was held recently. The tendency of our time can be clearly drawn from the introductory speech of the symposium by P. Pulusani (representative of the Intergraph Mapping and Geospatial Solutions - IMGS). We are soon going to achieve the climax of gathering spatial data, something we could have only dreamed a few years ago. It is imperative that we use the enormous amount of data we gathered and model them

1. Introductory consideration

We have been witnesses of a highly intensive process of including modern information and communication technologies in the transfer and publication of digital data via cartographic information (Fig. 1) for the last two decades. There are three significant types of digital publications in the field of geosciences. Digital

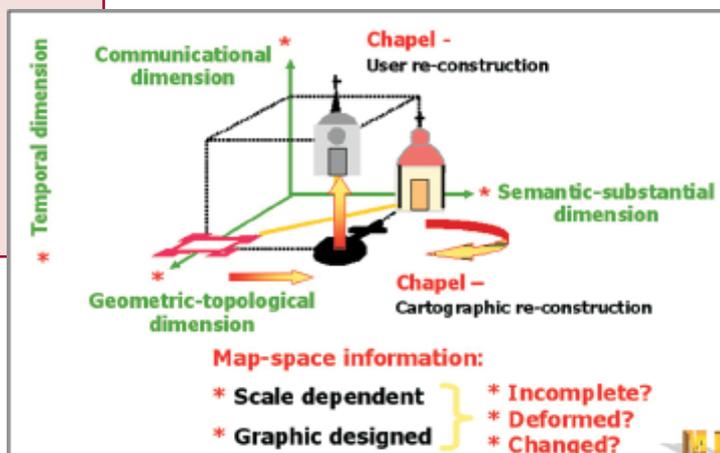


Fig. 1: Cartographic information characteristics.

¹ AGIT (Angewandte geographische Informationsverarbeitung), July 2-5, 2003, University Salzburg

Značenje kartografskog mjerila u interaktivnom multimedijском kartografskom informacijskom sustavu

Dr. Dipl. Ing. Mirjanka LECHTHALER

Institut für Geoinformation und Kartographie

Technische Universität Wien, Karlsgasse 11, A 1040 WIEN

lechthaler@tuwien.ac.at, Tel +43 1 58801 12610, Fax +43 1 58801 12699

Sažetak: Primjena novih tehnologija u procesima prikupljanja, analize, obrade, vizualizacije i komunikacije podataka odnosno geoinformacija predstavlja veliki izazov za kartografiju. Kartografska informacija uključena u kartografske modele kartografskih informacijskih sustava vezana je za grafički način prikaza i određeno mjerilo. Time su postavljene sadržajne (geometrijske i semantičke) granice u kognitivnom i komunikacijskom smislu. No ipak, nikada više nego u današnje vrijeme, služimo se kartografskim prikazom za prijenos informacija definiranih prostorom i vremenom. Grafičke konstrukcije prostornih analogija povezane interakcijama, multimedijalnim sekvencama i animacijama podržavaju efikasnu komunikaciju premošćući granice koje postavlja kartografsko mjerilo. U članku će biti prikazana dva interaktivna informacijska sustava konstruirana u Institutu za kartografiju i geomedijalnu tehniku, Tehničkog sveučilišta u Beču.

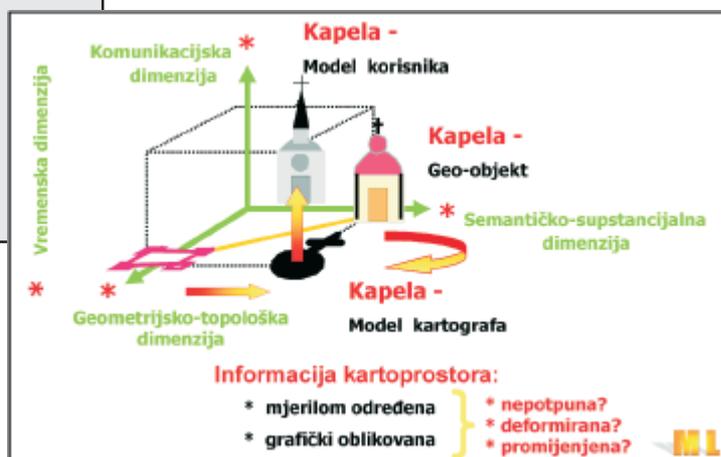
Ključne riječi: kartografska informacija, kartografski prostor, kartografsko mjerilo, multimedijalni kartografski proces modeliranja, interaktivni kartografski informacijski sustav

1. Uvodno razmatranje

U posljednja dva desetljeća svjedoci smo veoma intenzivnog uključivanja modernih informacijskih i komunikacijskih tehnologija u prijenos i publiciranje digitalnih podataka putem kartografske informacije (sl. 1). Pri tome se na području geoznanosti razlikuju tri značajne vrste digitalnih publikacija. Jedne su usmjerene čistoj predaji odnosno prijenosu podataka o

geoobjektima, njihovom stanju i pojavama u prostoru (sl. 2), druge predstavljaju digitalnu dokumentaciju podataka uz primjenu različitih tehnologija za vizualizaciju, uključenih u specifičnim SW-aplikacijama (sl. 3), dok treće omogućuju putem interakcija dualnu komunikaciju s informacijskim sustavom, služeći se žičnim i bežičnim komunikacijskim mrežama (sl. 4, 5).

Pri nedavnom otvaranju simpozija AGIT¹, iz uvodne riječi gospođe P. Pulusani (zastupnice tvrtke Intergraph Mapping and Geospatial Solutions IMGS) jasno proizlazi tendencija današnjeg vremena. U prikupljanju podataka o prostoru uskoro smo dostigli vrhunac o kome smo pred nekoliko godina mogli samo sanjati. Sada je od neobične važnosti korištenje prikupljene enormne količine podataka i njihovo modeliranje prema postavljenim zadacima i određenim potrebama korisnika, koristeći pri tome tehnologiju IT-WEB (Internet-www) okoliša i sve ponuđene funkcionalnosti.



Slika 1. Karakteristike kartografske informacije

¹ AGIT (Angewandte geographische Informationsverarbeitung), 2-5. 7. 2003., Universität Salzburg

according to the tasks set and certain needs of users, using the IT-WEB (Internet-www) environment technology and all available functionalities to achieve those goals.

medium (Malić 1998, Brunner 2000, Neudeck 2001). Cartographic communication does not present a linear process anymore. With the possibilities of "Cross Media Publishing", cartographers and users confront via cartographic space (Fig. 1) in dynamic process of communication in which stationary or mobile media (paper, large/small screens (PC/PenPC, PDA, handy, smartphone), CD) complement each other, using visual/auditive transfer channels of static or mobile communication networks.



Fig. 2: Transfer of geobject data via a printed map.
Slika 2. Prijenos podataka o geobjektima putem tiskane karte

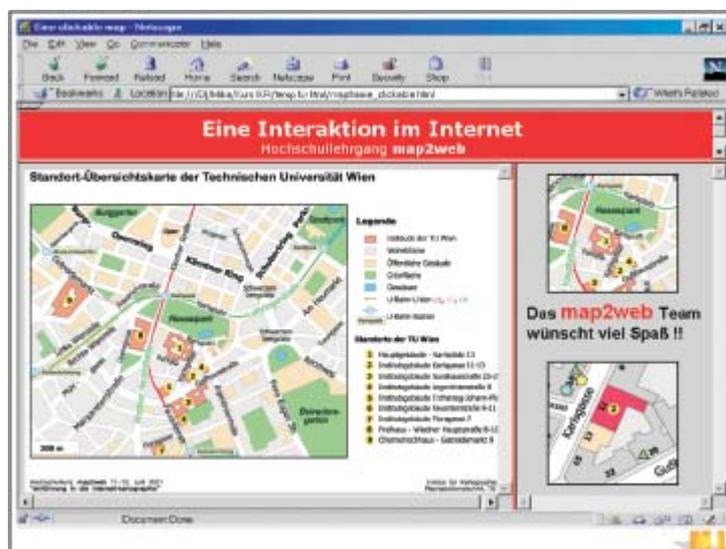


Fig. 3: Transfer of geobject data via a Web-Publishing application.

Slika 3. Prijenos podataka o geobjektima putem Web-Publishing aplikacije

Internet Cartography, Multimedia Cartography, Tele-Cartographie... (Buzin et al. 2001, Cartwright et al. 1999, Gartner 2002, Kelnhofer et al. 2000, Kraak et al. 1996, Olbrich et al. 1996, Peterson 1995,...) are only a few titles, or even better - attributes, connected with cartography which indicate new fields of theoretical and practical research close to innovations in cartographic visualization, i.e. communication.

The "how to say what to whom and is it effective?" motto (Kraak 1999, page 174) revised the task of cartographers: how to cartographically transform geodata and process them for a particular user group in terms of goal and maximum communication executed with no mistakes. We always talk about visual (rarely tactile) communication, aware of its graphic and perceptive restrictions connected with a certain analogous or digital transferring

A simple conclusion follows. A cartographer is not just a refiner of geodata, an artist and draughtsman, a scientist and technician any more. Using his or her cartographic experience, methodological and technical interdisciplinary knowledge, a cartographer has to create such products (cartographic representations (Fig. 2), information systems (Fig. 4), navigation systems (Fig. 5),...), which will meet the following requirements in the complex geocommunication process (Fig. 6):

- perceptive and cognitive abilities of the user
- how much the user is interested in available geodata about objects, states and appearances of certain segment of space
- and those, which change in process from case to case:
 - the user (activities, needs, interests) and the situation in which the user is (stationary, mobile)
 - presentation type (static, dynamic)
 - cartographic modelling of user interface (interaction, multimedia sequences, VR (virtual reality), AR (augmented reality))
 - information depth (content levels defined with a scale (layers))

A cartographer's responsibility is to synergically direct the information to where it is necessary, to a user who needs it at that time. The field of cartographer's work is comprehensive, interdisciplinary and technically/technologically oriented.

But, a system designer is often not an experienced cartographer. The designer is only a "generator" of cartographic products and does not possess aforementioned attributes (Fig. 6). A quote by Monmonier (Olbrich et al. 1994, page 6) fits very nicely into this situation, unfortunately: "Karten zu erzeugen ist vielleicht zu einfach geworden, die ungewollte Selbsttäuschung ist unvermeidlich" (a translation by the author: "The production, that is, the generation of maps is too simple today, and because of that, an unwanted self-deception is inevitable"). It would be better, if some cartographic products were not published at all!!!

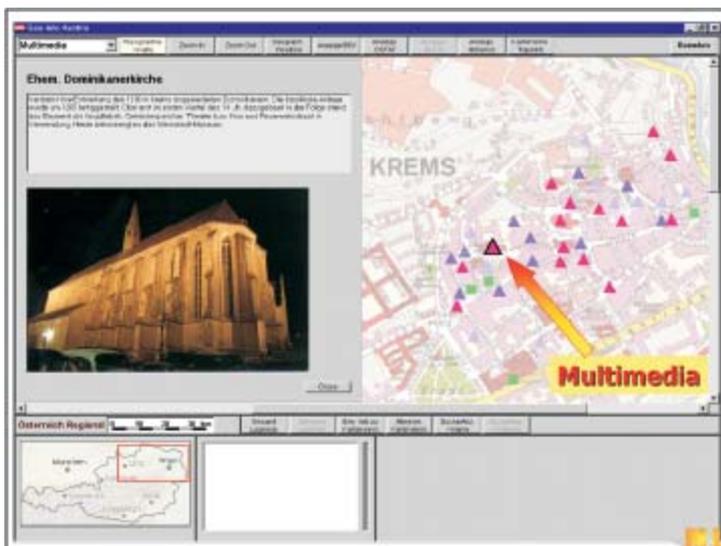


Fig. 4: Transfer of geo object data, their state and appearances in space via a multimedia Web-Publishing application (GeoInfo Austria©).

Slika 4. Prijenos podataka o geoobjektima, njihovom stanju i pojavama u prostoru putem multimedijalne Web-Publishing aplikacije (GeoInfo Austria©)

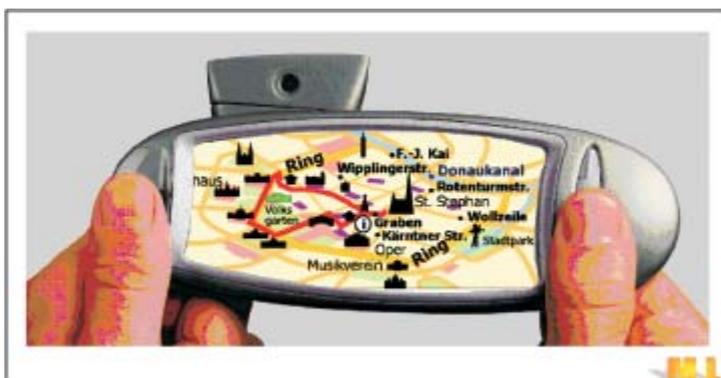


Fig. 5: Transfer of geo object data, their state and appearances in space via a multimedia Web-Publishing application and the UMTS communication network and its standards (LoL@©).

Slika 5. Prijenos podataka o geoobjektima, njihovom stanju i pojavama u prostoru putem multimedijalne Web-Publishing aplikacije koristeći UMTS komunikacijsku mrežu i njene standarde (LoL@©)

Internet Cartography, Multimedia Cartography, Tele-Kartographie... (Buzin i dr. 2001, Cartwright i dr. 1999, Gartner 2002, Kelnhofer i dr. 1999, Kelnhofer i dr. 2000, Kraak i dr. 1996, Olbrich i dr. 1996, Peterson 1995, ...), samo je nekoliko naslova ili bolje reći atributa vezanih uz kartografiju, a koji nas upućuju na nova područja teoretskog i praktičnog istraživanja usko povezanih s inovacijama kartografske vizualizacije odnosno komunikacije.

Pod motom "how to say what to whom and is it effective?" (Kraak 1999, str. 174) ponovljena je oduvijek poznata zadaća kartografa: kako kartografski transformirati geopodatke i prirediti ih za određenu grupu korisnika u smislu ciljne i maksimalno bespogrešno provedene komunikacije. Do sada smo uvijek govorili o vizualnoj (rjeđe o taktilnoj) komunikaciji, svijesni njenih grafičkih i perceptivnih granica vezanih za određeni

analogni ili digitalni medij prijenosa (Malić 1998, Brunner 2000, Neudeck 2001). Danas kartografska komunikacija ne predstavlja više jedan linearni proces. Što više uz mogućnost "Cross Media Publishing" - kartograf i korisnik sučeljuju se putem kartografskog prostora (sl. 1) u jednom dinamičkom procesu komunikacije u kome se stacionarni ili mobilni prijenosni mediji (papir, veliki/mali ekrani (PC/PenPC, PDA, handy, smart-phon), CD) upotpunjuju, služeći se vizualno/auditivnim prijenosnim kanalima statičkih ili mobilnih komunikacijskih mreža.

Iz toga slijedi jasan zaključak. Kartograf više nije samo oplemenjivač geopodataka, umjetnik i crtač, znanstvenik i reprotehničar. Štoviše, sa svojim kartografskim iskustvom, metodološkim i tehničkim interdisciplinarnim znanjem mora realizirati takve produkte (kartografske prikaze (sl. 2), informacijske sustave (sl. 4), navigacijske sustave (sl. 5), ...) koji će u kompleksnom geokomunikacijskom procesu (sl. 6) zadovoljiti sljedeće datosti:

- perceptivne i kognitivne sposobnosti korisnika
- interes korisnika raspoloživim geopodacima o objektima, stanjima i pojavama određenog isječka prostora
- one, koje se u procesu od slučaja do slučaja mijenjaju, a to su:
 - sam korisnik (djelatnost, potrebe, interes) i situacija u kojoj se korisnik nalazi (stacioniran, pokretan)
 - oblik prezentacije (statička, dinamička)
 - kartografsko modeliranje korisničkog sučelja (interakcije, multimedijalne sekvence, VR (virtual reality), AR (augmented reality))
 - informacijska dubina (mjerilom definirane sadržajne razine (layeri))

Odgovorna zadaća kartografa je dakle sinergijski uputiti informacije tamo gdje su potrebne, korisniku koji ih u datom momentu (on line) pragmatički treba. Područje njegove djelatnosti je obimno, interdisciplinarno i tehnički/ tehnološki usmjereno.

No dizajner sustava danas vrlo često nije iskustveni kartograf. Dizajner je samo "generator" kartografskih produkata i ne posjeduje gore navedene attribute (sl. 6). Tako se na ovom mjestu nažalost dobro uklapa sljedeći citat Monmoniera (Olbrich i dr. 1994, str. VI): "Karten zu erzeugen ist vielleicht zu einfach geworden, die ungewollte Selbsttäuschung ist unvermeidlich" (slob. prijevod autora: "Proizvodnja odnosno generiranje karata je danas postalo pre jednostavno, te je stoga nepoželjna samoobnoma neizbježna"). Za neke kartografske produkte bilo bi bolje da nisu nikada bili publicirani!!

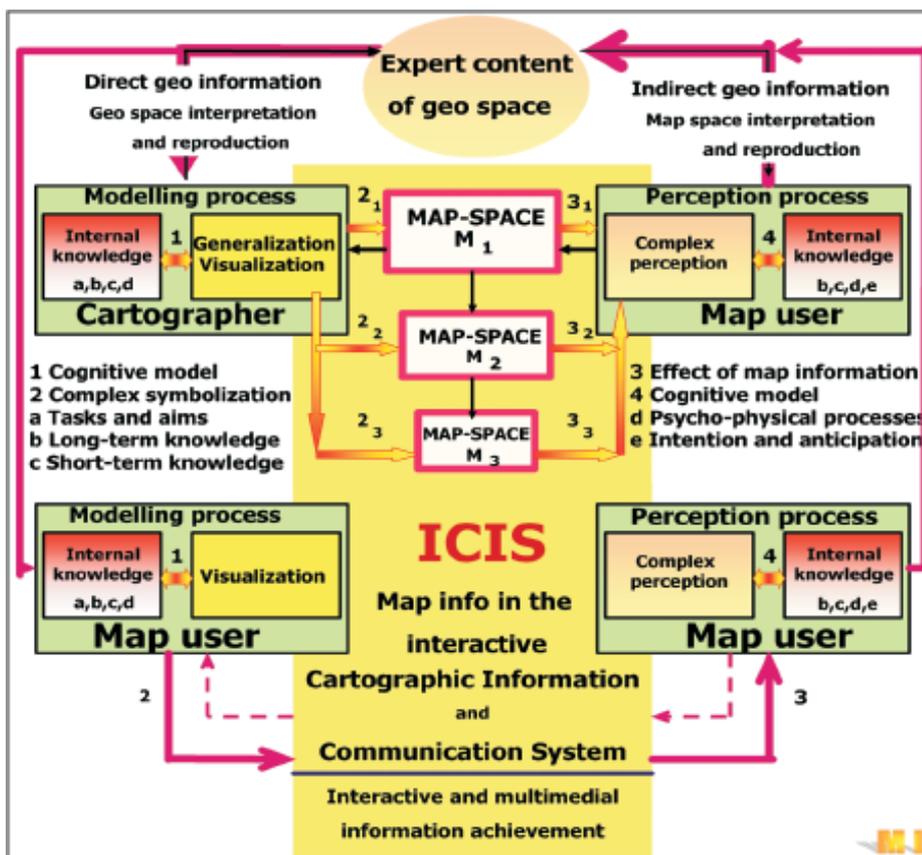


Fig. 6: Cartographic information in complex geocommunication process.

2. A cartographic information system not dependent on map scale?

There is a comprehensive definition of the basic term "scale" in the cartographic lexicon (Bollmann, Koch 2002), and a definition and types of map scales derived from it. Keeping the simplest explanation of map scale that it is a linear relation of a segment on a map and its corresponding segment in the nature, it is easy to comprehend the problematic of cartographic modelling. Fig. 7 shows the process of cartographic modelling that includes map generalization and map visualization. Which geobjects to choose and how to process them graphically, so that they enable communicating characteristics of geospace (translated to the cartographic representation space)? This question is closely connected with map scales.

In the cartographic world, there is a famous incompleteness and distortion phenomenon, which is a result of cartographic - defined by scale - modelling. In spite of aforementioned characteristics, we are using the cartographic representation as the only communication medium, which can be used to successfully and clearly represent the hierarchy and geobject relation in detail and through the geobjects the structure and correlations of geospace, which is to clearly comprehend its complex content. Of course,

digital cartography and its functions integrated into interactive cartographic information systems (ICIS) (Fig. 8) enable new ways of comprehending geospace.

ICIS most often contains several content levels (as can be seen in Fig. 6), i.e. cartographic spatial models, whose definition is given in Fig. 9.

The space size of cartographic representation defined by a scale stipulates the choice degree of topographic and thematic content and its simplification and abstraction. By doing this, a conditionally distorted cartographic representation appears as a model similar to geospace. On the other hand, the cartographic representation quickly becomes a symbolic model from the term of legibility

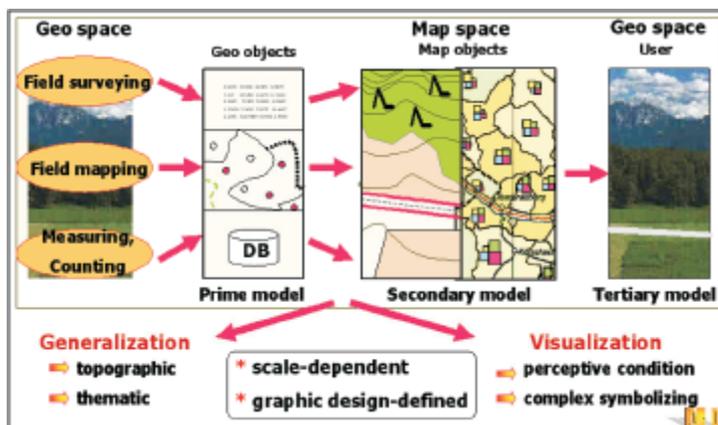
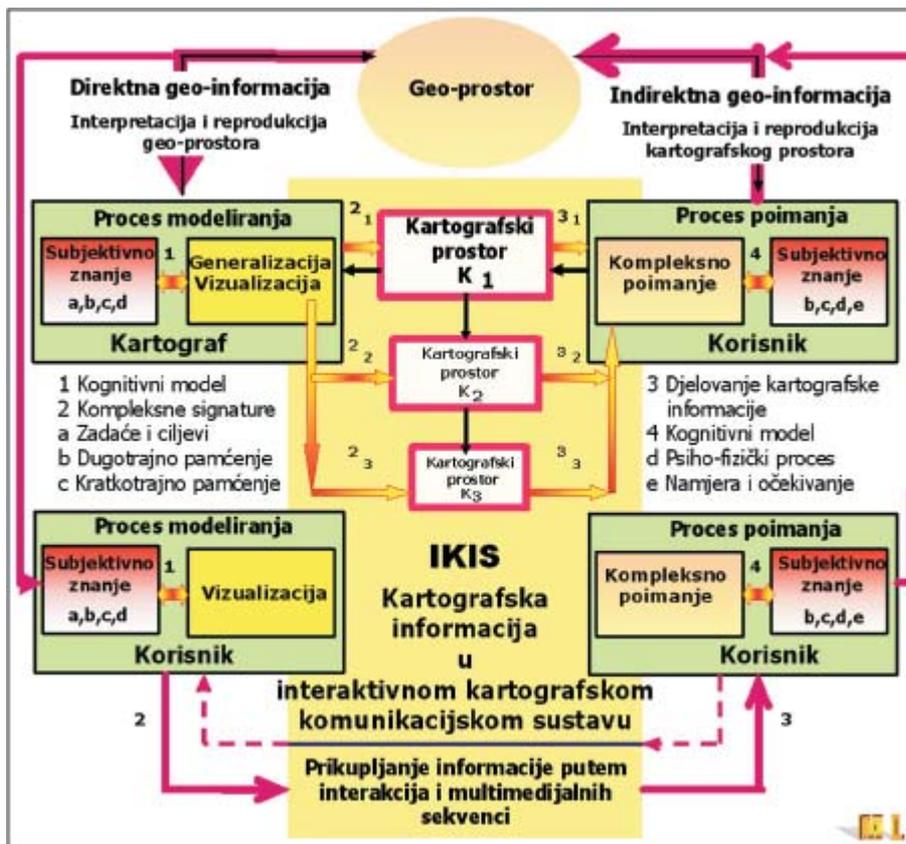


Fig. 7: Cartographic modelling process.



Slika 6. Kartografska informacija u kompleksnom geokomunikacijskom procesu

2. Kartografski informacijski sustav nevisan o kartografskom mjerilu?

U kartografskom leksikonu (Bollmann i dr. 2002) nalazi se vrlo opsežna definicija općenitog pojma "mjerilo", te iz nje izvedena definicija i vrste kartografskih mjerila. Zadržavajući se pri najjednostavnijem tumačenju kartografskog mjerila, naime da je ono linearni odnos dužine na karti prema njenoj stvarnoj dužini u prirodi, lako je spoznati problematiku kartografskog modeliranja.

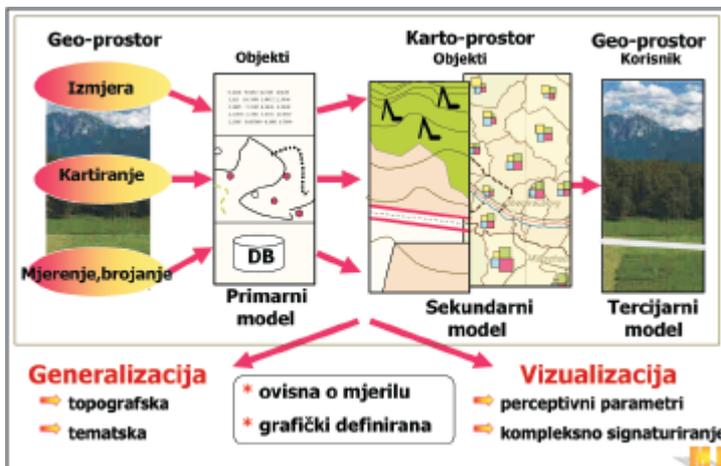
Na slici 7 prikazan je proces kartografskog modeliranja koji uključuje kartografsku generalizaciju i kartografsku vizualizaciju. Koje geoobjekte izabrati i kako ih grafički obraditi, da prevedeni u prostor kartografskog prikaza omoguće komuniciranje karakteristika geoprostora? Ovo pitanje usko je povezano s kartografskim mjerilom.

U kartografskom svijetu poznat je fenomen necjelovitosti i deformacija, koje su izazvane procesom kartografskog - mjerilom definiranog - modeliranja. Unatoč spomenutim karakteristikama, služimo se kartografskim prikazom kao jedinim komunikacijskim medijem, kojim se može uspješno, detaljno i pregledno prikazati hijerarhija i odnosi geoobjekata, a kroz njih struktura i korelacije geoprostora odnosno pregledno spoznati njegov kompleksni sadržaj. Dakako da digitalna kartografija i njene funkcije ugrađene u interaktivne kartografske informacijske sustave

(IKIS) (sl. 8) omogućuju nove puteve spoznaje geoprostora.

Kako je prikazano na slici 6, IKIS se najčešće sastoji od nekoliko sadržajnih razina odnosno kartografskih prostornih modela čija definicija je dana u slici 9.

Mjerilom zadana veličina prostora kartografskog prikaza s jedne strane uvjetuje stupanj izbora topografskog i tematskog sadržaja te njegovo pojednostavljenje i apstrahiranje. Time se uvjetno deformiran kartografski prikaz pojavljuje kao geoprostoru vjeran ili sličan model. S druge strane, iz uvjeta čitkosti a s ciljem interpretacije, reprodukcije i transformacije kartografske informacije u geoinformaciju, kartografski prikaz postaje vrlo brzo simbolički model.



Slika 7. Postupak kartografskog modeliranja

and with the goal of interpretation, reproduction and transformation of cartographic information into geoinformation.

Fig. 10 shows a "life cycle" of geodata connected with the geocommunication process. The applied system of cartographic symbols, determined by anticipated assignment and perceptive abilities of the user, possesses its own scale, which does not have to be related to the scale of map reduction. Therefore, it is very easy to notice that the space of cartographic representation possesses a particular capacity limited by already mentioned conditions, and with it, a complete and reliable transformation is not possible.

This, obviously "negative" characteristic of cartographic space has not "negatively" affected the cartographic information communication. The leading role in the transport of information in geospace can be attributed to cartographic information, today more than ever before.

The process of map generalization (Lechthaler et al. 1998, 1999a, 1999b; Lechthaler 2000) is comprised of a series of steps, which cannot be formalized and completely automated in their complexity these days. This problem was solved with ICIS by binding predefined and already completely formed cartographic representations of different scales to the "zoom" function. This procedure enables a different, scale-defined content. Sester (2002) is working on an European Union project GiMoDig² in the field of mobile ICISes and navigational systems. The project is dealing with the possibility of generalization in mobile approach to data and their so-called instantaneous visualization.

This chapter indicates limited capabilities of executing automatic map generalization and the fact that the complex process of cartographic modelling in ICIS cannot be done just by pressing a "button". Is there a way to avoid the limited and reduced informative capacity of cartographic space caused by scale and graphic modelling? The answer to that question lies in the application of interactive and multimedia cartographic information systems integrated into IT-Web environment.

3. New possibilities of digital cartography in geocommunication process

Computer cartography (digital cartography) differs from analogous cartography primarily by the data saving form. Analogous data saved in publishing originals (paper, tape, copies...) are the result of a comprehensive production technical process and they cause small

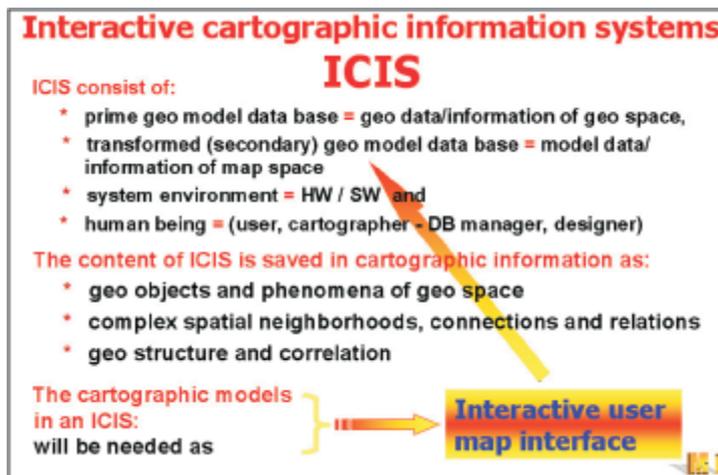


Fig. 8: Characteristics of interactive cartographic information system.

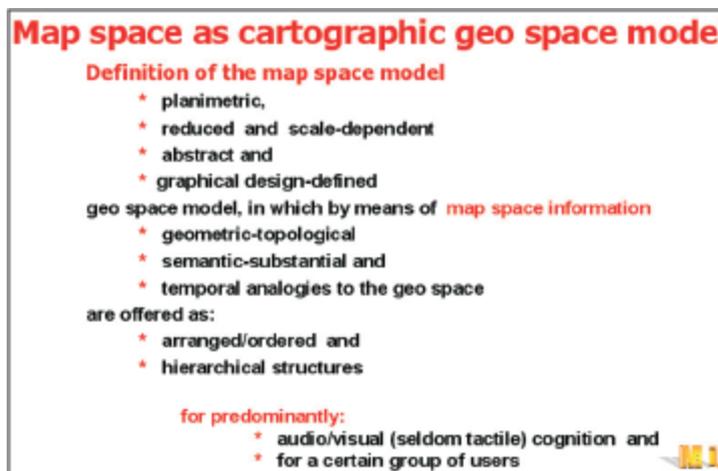


Fig. 9: Characteristics of cartographic geospace representation.

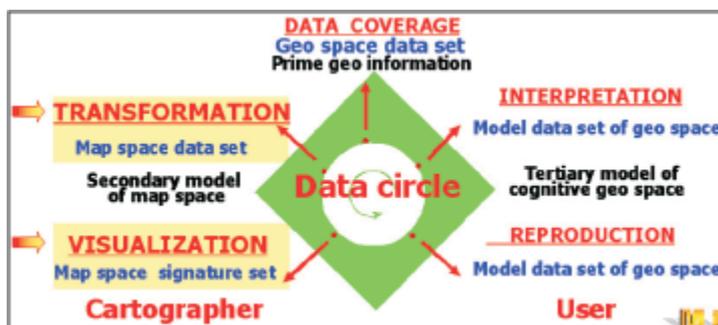


Fig. 10: Life cycle of geospace data in geocommunication process.

deviations from editorial guidelines during reproduction (points, lines, areas, text). Digital data (graphics, images, text) are saved, also after a comprehensive digital processing and ennobling of geodata, in an unambiguous series of numbers, so that their reproduction is always the same on the screen, in cartographic sense. Of course, types of graphical processing - analogous or digital - differ in relation to technical restrictions of the screen (Malić 1998, Neudeck 2001).

² European Union project GiMoDig (Geospatial infomobility service by real-time data-integration and generalization) is a three-year project of the Institute for Cartography and Geoinformatics at the Hannover University, within the scope of the IST program (coordination at the Geodetic Institute of Finland).

Na slici 10 prikazan je "životni ciklus" geopodataka vezanih u geokomunikacijskom procesu. Pri tome primijenjeni sustav kartografskih znakova, određen predviđenom namjenom i perceptivnim sposobnostima korisnika posjeduje svoje vlastito mjerilo, koje ne mora biti vezano uz mjerilo kartografskog smanjenja. Stoga je vrlo lako uočiti, da prostor kartografskog prikaza posjeduje određeni, već navedenim uvjetima ograničeni kapacitet, čime cjelovita i vjerna transformacija nije moguća.

Ova, očito "negativna" karakteristika kartografskog prostora nije do sada utjecala "negativno" na komunikaciju kartografskom informacijom. Tako se kartografskoj informaciji može, danas više no ikada, pripisati vodeća uloga u prijenosu informacija o geoprostoru.

Proces kartografske generalizacije (Lechthaler i dr. 1998, 1999a, 1999b; Lechthaler 2000) sastoji se od niza koraka, koji se u današnje vrijeme vrlo teško, dapače nikako, ne mogu formalizirati te time u svojoj kompleksnosti potpuno automatizirati. Ovaj problem riješen je u IKIS-u vezanjem predefiniranih i već potpuno oblikovanih kartografskih prikaza različitog mjerila za funkciju "zoom". Na taj je način korisniku pružen različit, mjerilom definiran sadržaj. Sester (2002) razrađuje u EU projektu GiMoDig² na području mobilnih IKIS-a i navigacijskih sustava mogućnost generalizacije u mobilnom pristupu podacima i njihovoj takozvanoj trenutnoj vizualizaciji.

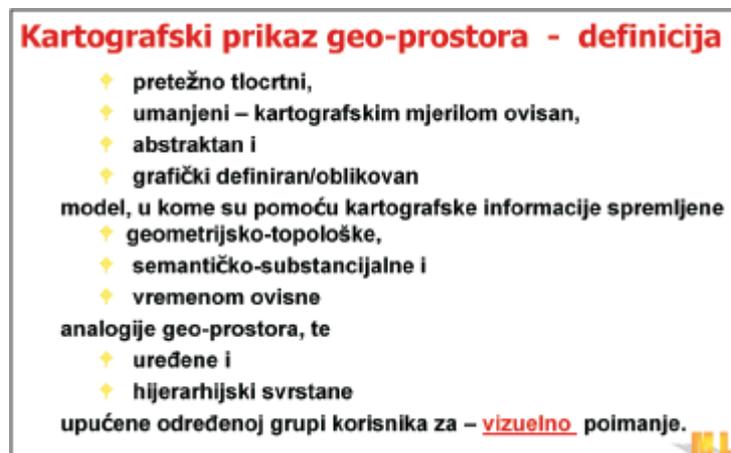
U ovom je poglavlju ukazano na ograničene mogućnosti provođenja automatske kartografske generalizacije i na činjenicu, da kompleksni proces kartografskog modeliranja u IKIS-u nije moguće provesti pritiskom na "gumb". Postoji li način kojim bi se mogao izbjeći mjerilom i grafičkim modeliranjem izazvani ograničeni i smanjeni informativni kapacitet kartografskog prostora? Odgovor na to pitanje leži u primjeni interaktivnih i multimedijских kartografskih informacijskih sustava uključenih u IT-Web okoliš.

3. Nove mogućnosti digitalne kartografije u geokomunikacijskom procesu

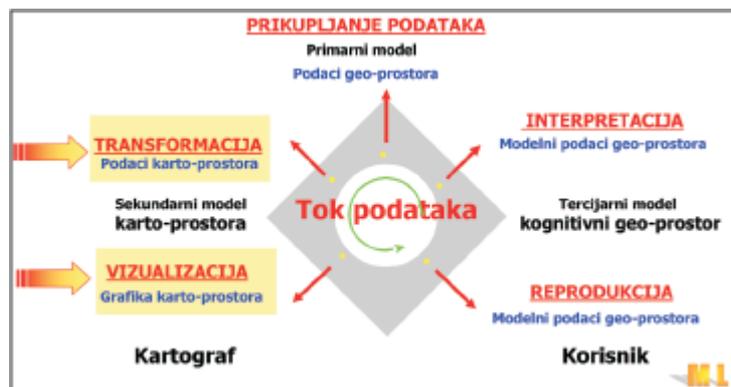
Digitalna kartografija (Digitalkartographie, Computer Cartography) razlikuje se od analogne kartografije prvenstveno po obliku pohranjivanja podataka. Analogni podaci pohranjeni u izdavačkim originalima (papir, film, kopije, ...) rezultat su obimnog reprotetničkog procesa i pri reprodukciji (točke, linije, površine, teksta), u ovisnosti o tehnološkom postupku, izazivaju mala odstupanja od



Slika 8. Karakteristike interaktivnog kartografskog informacijskog sustava



Slika 9. Karakteristike kartografskog prikaza geoprostora



Slika 10. Životni ciklus podataka geoprostora u geokomunikacijskom procesu

postavljenih redakcijskih smjernica. Digitalni podaci (grafika, slike, tekst) pohranjeni su, također nakon obimne digitalne obrade i oplemenjivanja geopodataka, u jednoznačnom slijedu brojeva i na taj način u kartografskom pogledu daju uvijek istu reprodukciju na ekranu. Naravno da se putevi grafičke obrade - analogna ili digitalna - razlikuju ovisno o tehničkim restrikcijama ekrana (Malić 1998, Neudeck 2001).

² EU projekt GiMoDig (Geospatial infomobility service by real-time data-integration and generalization) je trogodišnji projekt Instituta za kartografiju i geoinformatiku pri Univerzitetu Hannover, u okviru IST-programa (koordinacija pri Geodetskom institutu Finske).

Technology of computer cartography is not only used for the production of cartographic publishing originals. What is more, cartographic representations integrated into ICISes serve as interactive user interfaces for gathering spatial data during a geocommunication process (Fig. 6,8), which has a character of a dialogue (Hake 1982, page 19) with the system. Interaction, animations and the integration of multimedia sequences enable the user to access those data that had to be left out because of the lack of space of cartographic representation, which is maintaining legibility. This way, the information system's capacity was greatly increased.

New types of on-the-fly dynamic visualization of geo-data are appearing every day because of greater web-client and web-server technical capabilities. The visualization is still cartographically limited, because graphical attributing is carried out via program commands (JavaScript, VisualBasicScript or C, C++, Java, PERL) with the help of various program applications and interfaces, which support communication (Common Gateway Interface or Microsoft's Active Server Page (ASP) and PHP (Personal Home Page Tools - for Linux systems)) translating inquiries and sending the answers back to the client - user browser (Pauler 2001).

3.1. Interactivity

According to various lexicons, interactivity is defined as mutual activities, mutual relationships between partners who respond to the behaviour of the other by answering or inquiring again (Heidemann 1995). In cartographic sense, the user can actively search, select, access maps, text, images, actively change the scale, the projection, graphic components (map symbols) or create a new map by changing objects' attributes, the classification, group boundaries etc. An interactive dialogue is executed via menus, textually, direct commands, inquiries to the database, spoken language or direct manipulations (pressing the mouse buttons over sensitive areas of the cartographic representation). The result of physical activity is an "answer" on the screen, whose audio-visual conception the user comprehends using his mental abilities. Possibilities of interactions via a cartographic interface in ICIS have to be clearly and unambiguously offered, the navigation through the system conceived according to certain rules (depending on IS/product/application and the user interest group), and the user always has to be informed of his actions via feedback (Teufelsbrucker 1998).

3.2. Animation

Interpersonal communication is characterized by a complex interactivity and dynamics. Generally, animation presents dynamics. Temporal-spatial changes can be clearly reconstructed (Peterson 1995), that is simulated on the screen via animations, analogously to the changes in our space, realistically and in real-time. Directed to the user, they activate the user's ability to comprehend a dynamic process of change from individual static images. Dransch (1995) divides animations into

two groups: temporal (e. g. the development of a settlement during a period) and non-temporal (e. g. the change of group boundaries). Changes of animated objects clearly represented/described in certain scenes can be caused via graphical variables (size, shape, position, colour, brightness, texture), virtual camera (direction, distance, slope) and source of light (type, colour, intensity, slope, position). Individual scenes are bound in a certain sequence and speed forming an animated presentation. It is clear that animated sequences that round out a cartographic representation and enable a better comprehension of temporal-spatial changes are relatively easy to create using modern technology. Of course, it is very important not to play the animation too fast, and that the user has the chance to affect the playing, stopping and repeating, so that he or she can comprehend the changes represented according to his or her interests.

An activated animation cannot replace the space of cartographic representation, but it can round out its content and enrich the comprehension of space in a geocommunication process.

There are still no significant guidelines for the construction of cartographic animations in ICIS, because there are no published experiences of how a user reacts to this type of informing in his or her comprehension process.

3.3. Multimedia

It is possible to integrate multimedia elements (images, photos, sound/voice, video sequences and animations) into the comprehension process with the possibility of interactive information and knowledge gaining via ICIS. Various media (audio and video) cause reactions, i.e. the activation of various comprehension senses and a manifold and rounding out effect into the information transfer. In shaping multimedia systems, for which special author systems (Macromedia Director, Authorware) and a special language (scripting) is needed, special attention should be paid to the combination and synchronization of different media types, the control of playing a multimedia sequence, the connection with external bases, the import of files from other applications and sources to avoid problems in communication.

Interactivity is one of significant characteristics of information systems. Interactive user-system-user communication enabled via interface modelled by a cartographic process enables the access to latent information of space, leaning on technologically supported graphical processing and innovations of communication and telecommunication networks (Fig. 11).

4. Interactive cartographic information system GeoInfo Austria©

Institute of Cartography and Geomedia Technique, Vienna University of Technology worked on a five-year multidisciplinary scientific project (1995-2000) "Austria - Space and Society" in cooperation with the Scientific

Tehnologija digitalne kartografije ne služi samo za izradu kartografskih izdavačkih originala. Štoviše, kartografski prikazi uključeni u IKIS-e služe kao interaktivna korisnička sučelja za prikupljane prostornih informacija u toku geokomunikacijskog procesa (sl. 6, 8), koji ima karakter jednog dijaloga (Hake 1982, str. 19) sa sustavom. Interaktivnošću, animacijama i uključanjem multimedijalnih sekvenci omogućuje se korisniku pristup i onim informacijama koje su zbog skučenosti prostora kartografskog prikaza tj. održavanja čitkosti neminovno morale biti ispuštene. Na taj način uvelike se povećao kapacitet informacijskog sustava.

U posljednjih nekoliko godina, sa sve većim tehničkim mogućnostima web-client i web-server orijentirane komunikacije s različitim eksternim programima i bazama podataka otvaraju se novi vidovi on-the-fly - dinamičke vizualizacije geopodataka. Za sada je vizualizacija kartografski još ograničena, jer se grafičko atributiranje provodi programskim naredbama (JavaScript, VisualBasicScript ili C, C++, Java, PERL) uz pomoć različitih programskih aplikacija i sučelja, koja podržavaju komunikaciju (Common Gateway Interface ili od Microsofta Active Server Page (ASP) i PHP (Personal Home Page Tools - za Linux sustave) prevodeći upite i šaljući odgovore natrag do klijenta - korisnički preglednik (Pauler 2001).

3.1. Interaktivitet

Prema različitim leksikonima interaktivitet je definiran kao uzajamno djelovanje, uzajamni odnos među partnerima-komunikantima, koji reaguju na ponašanje drugoga u vidu odgovora ili ponovnog upita (Heidemann 1995). U kartografskom smislu korisnik može aktivno tražiti, izabirati, pristupiti kartama, tekstu, slikama, aktivno mijenjati mjerilo, projekciju, grafičke komponente (signaturiranje) ili uzrokovati novi kartografski prikaz mijenjajući attribute objekata, klasifikaciju, granice grupa i sl. Interaktivni dijalog vodi se putem izbornika, tekstualno, direktnim naredbama, upitima na bazu podataka, govornim jezikom ili direktnim manipulacijama (pritisakom miša po senzitivnim poljima kartografskog prikaza). Rezultat fizičke aktivnosti je "odgovor" na ekranu, za čije audio-vizualno poimanje korisnik aktivira svoje psihičke sposobnosti. Mogućnosti interakcija putem kartografskog sučelja moraju u IKIS-u biti jasno, jednoznačno i pregledno ponuđene, navigacija kroz sustav koncipirana po određenim pravilima (ovisno o IS/produktu/aplikaciji, interesnoj grupi korisnika), te korisnik mora uvijek povratnom informacijom biti obaviješten o svojoj akciji (Teufelsbrucker 1998).

3.2. Animacija

Međuljudska komunikacija okarakterizirana je kompleksnom interaktivnošću i dinamikom. Općenito, animacija predstavlja dinamiku. Prostorno-vremenske promjene mogu se, analogno promjenama u našem prostoru, vrlo realistički i u stvarnom vremenu (real-time) zorno rekonstruirati (Peterson 1995) tj. simulirati na ekranu putem animacija. Upućene korisniku, aktiviraju

njegove sposobnosti da iz pojedinačnih statičkih slika postavljenih u pokret spozna dinamički proces promjene. Dransch (1995) dijeli animacije u dvije grupe: temporalne (npr. razvoj naselja u određenom periodu) i non-temporalne (npr. promjena granica grupa). Promjene animiranih objekata jasno prikazane/opisane u pojedinim scenama mogu se postići putem grafičkih varijabli (veličina, oblik, pozicija, boja, svjetloća, tekstura), virtualne kamere (smjer, odstojanje, nagib), izvora svjetla (vrsta, boja, intenzitet, nagib, pozicija). Pojedine scene uključuju se po određenom redoslijedu i brzini sačinjavajući animiranu prezentaciju. Jasno je da se uz današnju tehnologiju mogu relativno jednostavno konstruirati animirane sekvence koje upotpunjuju kartografski prikaz i omogućuju vjerniju spoznaju prostorno-vremenskih promjena. I ovdje je od velike važnosti, da odvijanje prezentacije ne bude prebrzo, te da korisnik ima mogućnost utjecati na odvijanje, zaustavljanje i ponavljanje, kako bi mogao spoznati prikazane promjene ovisno svom interesu.

Aktivirana animacija ne može zamijeniti prostor kartografskog prikaza, no može upotpuniti njegov sadržaj i svojom dinamikom obogatiti spoznaju o prostoru u geokomunikacijskom procesu.

Za konstrukciju kartografskih animacija u IKIS-u danas ne postoje značajne smjernice, jer ne postoje publicirana iskustva kako korisnik reagira u svom spoznajnom procesu na ovaj oblik informiranja.

3.3. Multimedijalitet

Uz mogućnost interaktivnog prikupljanja informacija i znanja putem IKIS-a, moguće je u spoznajni proces uključiti multimedijalne elemente: slike, fotografije, ton/glas, video sekvence i animacije. Različiti mediji (audiotivni i vizualni) izazivaju reakcije tj. aktiviranje različitih spoznajnih osjetila te time višestruki i dopunjujući efekt u prijenos informacija. U oblikovanju multimedijalnih sustava, za što su potrebni posebni autorski sustavi (Macromedia Director, Authorware) i specijalni jezik (scripting), naročitu pažnju treba posvetiti samoj kombinaciji i sinhronizaciji različitih tipova medija, kontroli odvijanja multimedijalne sekvence, vezi s eksternim bazama, importu datoteka iz drugih aplikacija i izvora kako ne bi došlo do otežane komunikacije.

Interaktivitet je jedno od značajnih karakteristika informacijskih sustava. Preko kartografskim procesom modeliranog sučelja omogućena interakcijska komunikacija korisnik-sustav-korisnik otvara pristup latentnim informacijama prostora, oslanjajući se pri tome na tehnološki podržanu grafičku obradu i inovacije komunikacijskih i telekomunikacijskih mreža (sl. 11).

4. Interaktivni kartografski informacijski sustav GeoInfo Austria©

Institut za kartografiju i geomedijalnu tehniku, Tehničkog sveučilišta u Beču u kooperaciji s Fondom za znanstvena istraživanja Republike Austrije (Fonds zur

Research Fund of the Republic of Austria (Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung Österreich - FWF SO6902). Under the leadership of Prof. Dr. F. Kelnhofer, the chairman at that time, in a subproject "Geoinformation systems and computer aided cartography" a cartographic editorial of the National Atlas of Austria was realized in two prototype editions. The editions were an analogous, for offset printing and a digital, for PC (Kelnhofer et al. 1999), using obtained geodata from the primary geomodel (ÖSTAT - Central Austrian Statistical Office, i.e. today's Statistik Austria).

The informative capacity of cartographic spaces in analogous atlas "Österreich - Kartenwerk©" prepared for four-colour printing with a detailed scale 1:1 000 000 and auxiliary scales 1:1 500 000 and 1:2 500 000, provides an insight into topography and different socio-economic thematic (Fig. 12). The atlas is characterized by a very high graphic quality permitted by paper as a communication medium (Fig. 13).

Digital (PC) prototype of the atlas "GeoInfo Austria©" is highly complex and represents an interactive, multimedia and hybrid ICIS (Fig. 4, 14). Visualized cartographic space on the screen serves as an user interface. In this hybrid ICIS, the map in raster form serves as a background image, and the vectors laid over enable connecting to the attributive database (for more details, see Lechthaler 2000).

16

5. Prototype of navigational information system for pedestrians LoL@©

The Institute of Cartography and Geome-dia Technique, Vienna University of Technology, in cooperation with the Research Centre for Telecommunication in Vienna (Forschungszentrum Telekommunikation Wien.ftw), worked on a two-year project "UMTS Application Development" and realized ICIS with Location Based Services (LSB), using mobile telecommunication technique on the basis of UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) standard which enables the access to www-environment to frequencies from 1.9-2 and 2.1-2.2 GHz with a transmission speed of 384 kbit/sec - 2 Mbit/sec.

The LoL@© (Local Location Assistant) prototype - City Guide (Fig. 5) - presents a mobile guide to the centre of Vienna, which helps tourists to orientate in an unfamiliar space. These are primarily cultural landmarks of the city. Via a cartographic interface - a clear and detailed

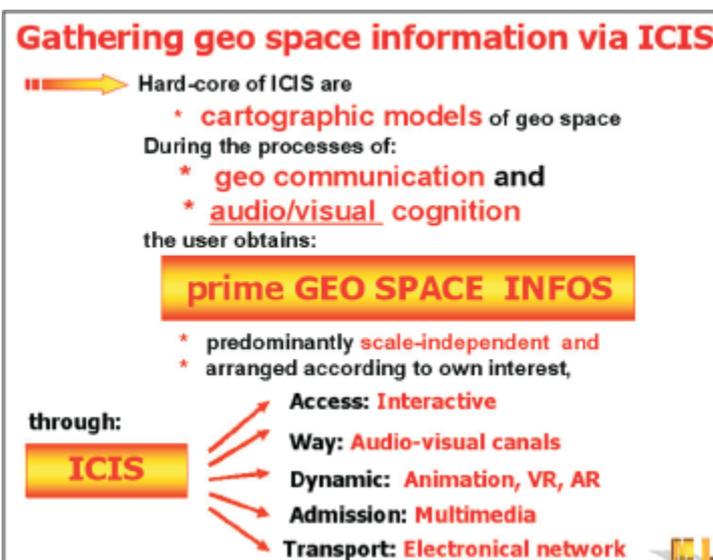


Fig. 11: Characteristics of geocommunication in ICIS.

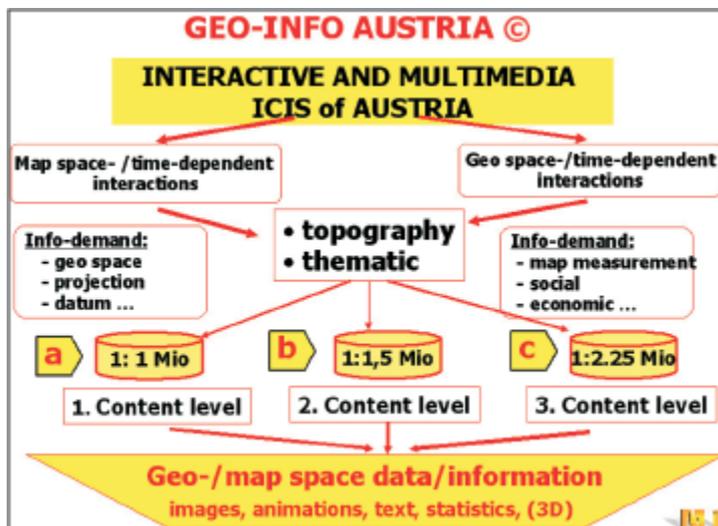


Fig. 12: Concept of GeoInfo Austria© ICIS

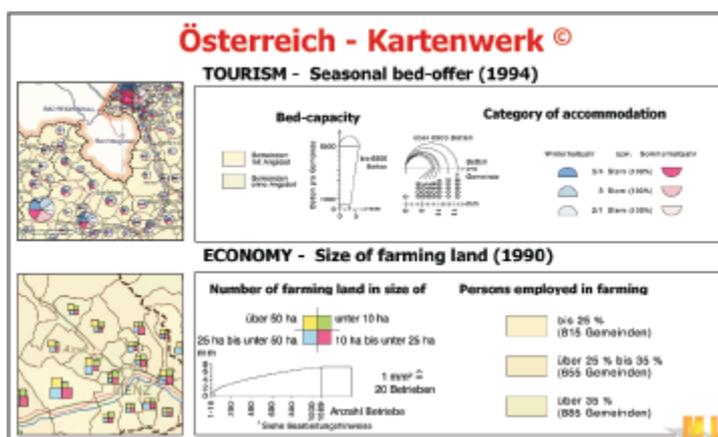


Fig. 13: Segments of cartographic representations in Österreich - Kartenwerk© "CIS".

representation (Fig. 15, 16), the routes are predefined - the user interactively communicates with the system gathering via audio-visual canals the needed multimedia prepared information (indoor or outdoor), on the basis of which he or she makes pragmatic decisions about

Förderung der wissenschaftlichen Forschung Österreich - FWF S06902) radio je na petogodišnjem multidisciplinarnom znanstvenom projektu (1995-2000) "Austrija - prostor i društvo". Pod vodstvom tadašnjeg predstojnika prof. dr. F. Kelnhofera, u podprojektu "Geoinformacijski sustavi i računalom podržana kartografija" realizirana je kartografska redakcija Nacionalnog atlasa Austrije u dva prototip-izdanja - analogni, za ofset tisak i digitalni, za PC (Kelnhofer i dr. 1999), koristeći dobivene geopodatke iz primarnog geomodela (ÖSTAT Austrijski centralni statistički ured, tj. danas s promijenjenim imenom Statistik Austria).

Informativni kapacitet kartografskih prostora u analognom atlasu "Österreich - Kartenwerk©" pripremljenom za četverbojni tisak vezan je detaljnim mjerilom 1:1 000 000 te pomoćnim mjerilima 1:1 500 000 i 1:2 500 000, dajući uvid u topografiju i različitu socio-ekonomsku tematiku (sl. 12). Atlas odlikuje vrlo visoka grafička kvaliteta, koju papir kao komunikacijski medij dozvoljava (sl. 13).

Digitalni (PC) prototip atlasa "Geo Info Austria©" vrlo je kompleksan te predstavlja interaktivni, multimedijski i hibridni IKIS (sl. 4, 14). Vizualizirani kartografski prostor na ekranu služi kao korisničko sučelje. U tom hibridnom IKIS-u kartografski prikaz u rasterskom obliku služi kao pozadinska slika, dok preko njega položeni vektori omogućavaju uspostavljanje veza s atributivnom bazom podataka (detaljnije vidi Lechthaler 2000).



Slika 11. Karakteristike geokomunikacija u IKIS-u

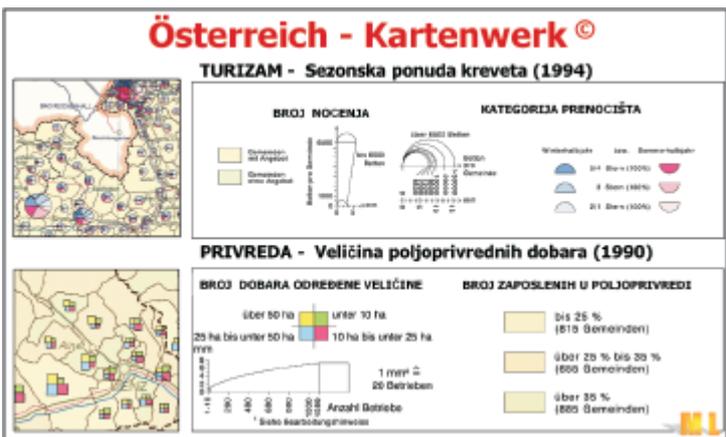


Slika 12. Koncept IKIS-a Geo-Info Austria©

5. Prototip navigacijskog informacijskog sustava za pješake LoL@©

Institut za kartografiju i geomedijalnu tehniku, Tehničkog sveučilišta u Beču u kooperaciji s Istraživačkim centrom za telekomunikacije u Beču (Forschungszentrum Telekommunikation Wien .ftw) radio je na dvogodišnjem projektu "UMTS Application Development" i realizirao IKIS uz Location Based Services (LSB), koristeći mobilnu telekomunikacijsku tehniku na bazi UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) standarda koja omogućuje pristup u www-okoliš frekvencijama od 1.9-2 i 2.1-2.2 GHz uz brzinu prijenosa od 384 kbit/sek - 2 Mbit/sek.

Prototip LoL@© (Local Location Assistant) - City Guide (sl. 5) - predstavlja mobilni vodič kroz centar Beča, koji služi turistima pri snalaženju u njima nepoznatom prostoru. Tu se ubrajaju prije svega kulturne znamenitosti



Slika 13. Isječci kartografskih prikaza u "KIS"-u Österreich-Kartenwerk©

grada. Preko kartografskog sučelja - pregledni i detaljni prikaz (sl. 15, 16) unaprijed definirane rute - korisnik interaktivno komunicira sa sustavom prikupljajući audio-vizualnim kanalima njemu potrebne multimedijalno priređene informacije (in door ili out door), na temelju kojih stvara pragmatičke odluke o svom kretanju. LoL@©

18

further movement. LoL@© also helps in a "lost in space" situation, because the integrated routing function leads the user to the desired object, i.e. if the user is already there - to a particular Point of Interest (PoI). This is possible to realize, if the current position of the user is known. It is executed by a three-fold definition, by using GPS, the location in the telecommunication network and with the help of the user. The communication is executed via the user's mobile telephone, whose function is active during the guiding process. The mobile telephone, whose colour screen has the size/resolution of 320x120 pixels, possesses an integrated digital camera, so the user can send his or her observations to the desired address via www.

The prototype was tested with positive results at the end of 2002. The simulation of the system was carried out on a mobile computer with the real screen size, with a connected GPS device (with a small antenna), and the transmission of data followed through the GPRS (General Pocket Radio System) telecommunication network.

6. Final thoughts

Cartographic publications are divided into three groups, as discussed in the introductory consideration. The article deals with characteristics of the third group in which cartographic information systems enable dual geocommunication user-system-user via interactions, by using wired and wireless communication networks. The medium of transmitting information about space and time is a map, i.e. its graphically defined content dependent on the scale, modelled for goals and functions of the system. Access to a large amount of latent primary and secondary information is obtained via an interactive cartographic interface, activating animations and multimedia sequences prepared in the system, which enrich the geocommunication process and give the user greater possibilities of obtaining knowledge about space.

Of course, this opens a new scientific field, which deals with the activity theory (Handlungstheorie) (Dransch 2002), whose goal is closely tied to the communication theory, the symbol theory and the comprehension theory. They define the cartographic process of visualization. The integration of interactions into visualization in the process of cartographic representation space modelling requires theoretical postulates on the basis of empiric research which is only in its beginning.

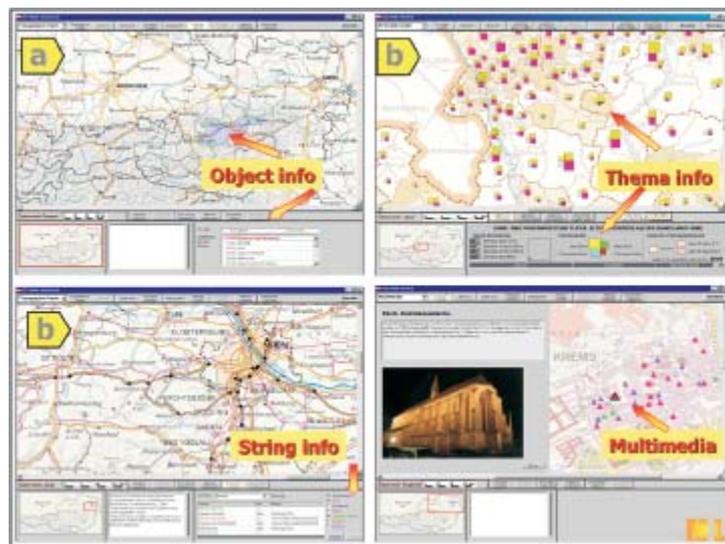


Fig. 14: Digital and multimedia ICIS - GeolInfo Austria© atlas prototype.

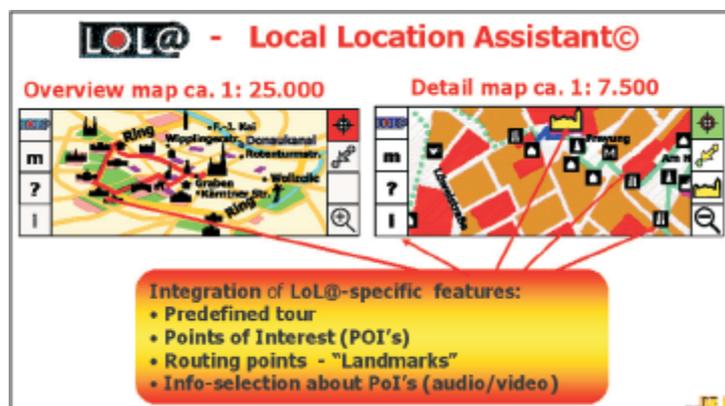


Fig. 15: Cartographic interface of mobile and multimedia ICIS LoL@©.

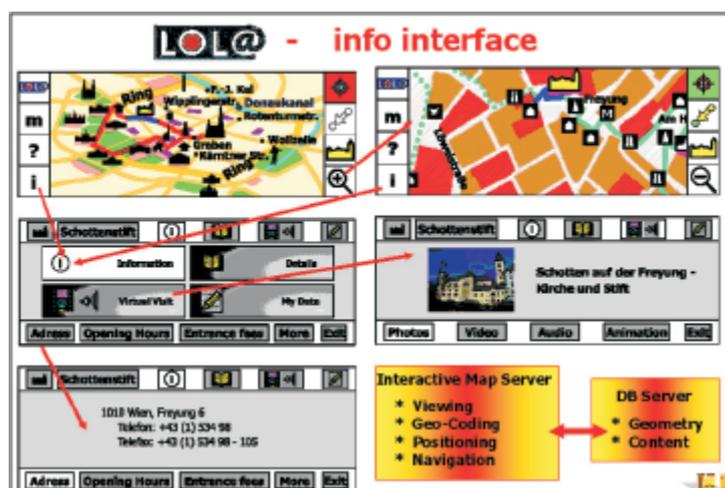


Fig. 16: Gathering of information via a mobile and multimedia ICIS LoL@©.

In that sense, the Institute of Cartography and Geo-media Technique, Vienna University of Technology modelled two ICISes: GeolInfo Austria and LoL@©. New research, which will result in new empiric experiences in that field, is in progress.

mu stoji na pomoći u slučaju "lost in space", jer ugrađena rutin g funkcija dovodi ga do željene rute, odnosno ako se već na njoj nalazi do određene znamenitosti (Point of Interest - PoI). Ovo je moguće realizirati ukoliko je poznato trenutno stajalište korisnika. To se postiže trostrukom definicijom i to pomoću GPS-a, lokacijom u telekomunikacijskoj mreži i uz pomoć samog korisnika. Komunikacija se odvija preko korisničkog mobilnog telefona, čija funkcija ostaje za cijelo vrijeme vođenja aktivna. Njegov mobilni telefon, čiji ekran u boji ima veličinu/razlučujuću moć od 320x120 piksela, posjeduje ugrađenu digitalnu kameru, te snimke i svoja zapažanja korisnik može putem www slati na željenu adresu.

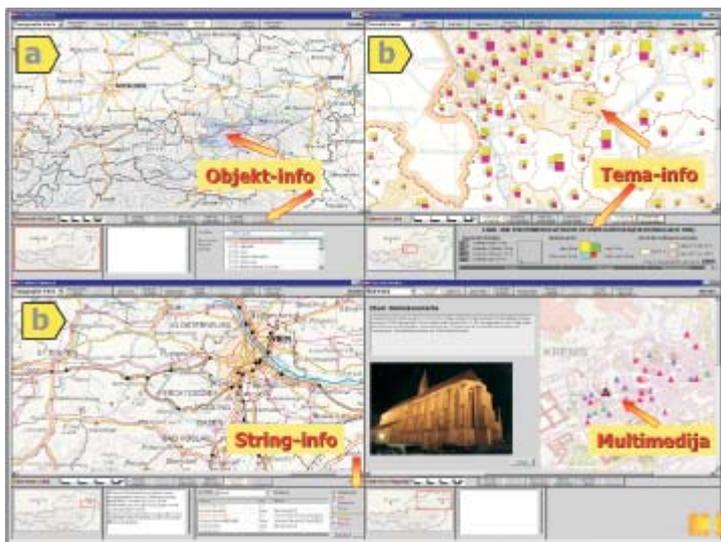
Prototip je krajem 2002 testiran s pozitivnim rezultatom. Simulacija sustava je izvršena na prijenosnom računaru u stvarnoj veličini ekrana, uz priključen GPS uređaj (s malom antenom) a prijenos podataka uslijedio je GPRS (General Pocket Radio System) telekomunikacijskom mrežom.

6. Završne misli

Kako je u uvodnom razmatranju rečeno, kartografske publikacije dijele se u tri grupe. U članku su razrađene karakteristike treće grupe, naime karakteristike kartografskih informacijskih sustava koji omogućuju putem interakcija dualnu geokomunikaciju korisnik-sustav-korisnik, služeći se žičnim i bežičnim komunikacijskim mrežama. Medij prijenosa informacija o prostoru i vremenu je kartografski prikaz, odnosno njegov mjerilu ovisan i grafički definiran sadržaj, modeliran za ciljeve i funkcije sustava. Pristup velikoj količini latentnih primarnih i sekundarnih informacija uslijeduje putem interaktivnog kartografskog sučelja, aktivirajući u sustavu pripremljene animacije i multimedijalne sekvence, čime je obogaćen geokomunikacijski proces i korisniku pružene veće mogućnosti prikupljanja znanja o prostoru.

Dakako da je time otvoreno jedno novo znanstveno područje koje se bavi teorijom djelovanja (Handlungstheorie) (Dransch 2002), čiji cilj je usko vezan s komunikacijskom teorijom, teorijom znakova i spoznajnom teorijom. One definiraju kartografski proces vizualizacije. Uključivanje interakcija u vizualizacije u procesu modeliranja prostora kartografskog prikaza traži teoretske postulate na temelju empiričkih istraživanja koja su tek u početnoj fazi.

Institut za kartografiju i geomedijalnu tehniku, Tehničkog sveučilišta u Beču modelirao je u tom smislu



Slika 14. Digitalni i multimedijalni IKIS - prototip atlasa "Geo Info Austria©"



Slika 15. Kartografsko sučelje mobilnog i multimedijalnog IKIS-a LoL@©



Slika 16. Prikupljanje informacija putem mobilnog i multimedijalnog IKIS-a LoL@©

dva IKIS-a: Geo Info Austria i LoL@. U toku su novi projekti kojima se očekuju daljnja empirička iskustva na tom području.

References / Literatura

- Bollmann, J., W. G. Koch (ed., 2002): Lexikon der Kartographie und Geomatik. Spektrum, Heidelberg, Berlin.
- Brunner, K. (2000): Kartengestaltung und Kartentechnik. In: Lechthaler, M., G. Gartner (ed.): Per Aspera ad astra, Festschrift für Fritz Kelnhofer zum 60. Geburtstag. Geowissenschaftliche Mitteilungen Heft 52. Studienrichtung Vermessung und Geoinformation, Technische Universität Wien. 156-163.
- Buzin R., T. Wintges (ed., 2001): Kartographie 2001 - multidisziplinär und multidimensional. Beiträge zum 50. Deutschen Kartographentag. Wichmann, Heidelberg.
- Cartwright, W., M. P. Peterson, G. Gartner (ed., 1999): Multimedia Cartography. Springer, Heidelberg.
- Dransch, D. (1995): Temporale und non-temporale Computer-Animation in der Kartographie. Doktorska radnja. In: Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen. Reihe C: Kartographie, Band 15.
- Dransch, D. (2001): Handlungstheorie Mensch-Computer-Interaktion für die kartographische Informationsverarbeitung in Geo-Informationssystemen. Habilitacijska radnja. In: Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen. Reihe C: Kartographie, Band 18.
- Gartner, G. (ed., 2002): Maps and the internet. Geowissenschaftliche Mitteilungen, Heft 60. Studienrichtung Vermessung und Geoinformation, Technische Universität Wien.
- Hake, G. (1982): Kartographie I. W. de Gruyter, Berlin.
- Heidemann, F. (1995): Wissenserwerb und Wissensveränderung durch hypermediale Kartensysteme in Schule und Hochschule. In: Humi, L. (ed.): Kartographie im Umbruch - neue Herausforderungen, neue Technologien. Kartographiekongress Interlaken 1996, Schweizerische Gesellschaft für Kartographie, 133-155.
- Kelnhofer, F., M. Lechthaler (ed., 2000): Interaktive Karten (Atlanten) und Multimedia - Applikationen. Geowissenschaftliche Mitteilungen, Heft 53. Studienrichtung Vermessung und Geoinformation, Technische Universität Wien.
- Kelnhofer, F., A. Pammer, G. Schimon (1999): Prototype of an interactive multimedia atlas of Austria - Concepts of design and strategies of technical realization. In: Cartwright W., M. Peterson, G. Gartner (ed.): Multimedia Cartography. Springer, Heidelberg. 87-97.
- Kraak, M. J. (1999): Cartography and the use of animation. In: Cartwright, W., M. P. Peterson, G. Gartner (ed.): Multimedia Cartography. Springer, Heidelberg. 172-180.
- Kraak, M. J., F. J. Ormeling (1996): Cartography. Visualization of Spatial Data. Longman, Essex.
- Lechthaler, M. (2000): Map Space as User Interface in the Interactive and Multimedia Cartographic System. In: Kereković D. (ed.): GIS Croatia 2000 - International Conference & Exhibition, Proceedings. HIZ-GIS Forum & INA-ind. nafta d.d. Zagreb, Croatia. 20-26.
- Lechthaler, M., S. Kasyk (1998): Systemunterstützte kartographische Generalisierung flächenhafter Objekte. VGI, 4, 209-215.
- Lechthaler, M., S. Kasyk (1999a): Systemunterstützte kartographische Generalisierung linearer Objekte. KN, 2, 52-59.
- Lechthaler, M., S. Kasyk (1999b): Theoretical and Practical Deliberation with regard to Semi- Automated Cartographic Generalization. The Cartographic Journal, 36, 1, 59-65.
- Malić, B. (1998): Physiologische und technische Aspekte kartographischer Bildschirmvisualisierung. Dizertacija, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn. Schriftenreihe des Institutes für Kartographie und Topographie, Heft 25.
- Neudeck, S. (2001): Zur Gestaltung topographischer Karten für die Bildschirm-visualisierung. Heft 74. Studiengang Geodäsie und Geoinformation, Universität der Bundeswehr München.
- Olbrich, G., Michael Quick, Jürgen Schweikart (1994): Computerkartographie. Springer, Berlin.
- Pauler, G. (2001): Web-basierte kartographische Applikationen, gezeigt am Säugetieratlas von Österreich. Diploma thesis, Institut für Kartographie und Geo-Medientechnik der Technischen Universität Wien.
- Peterson, M. P. (1995): Interactive and Animated Cartography. Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- Sester M. (2002): Echtzeitgeneralisierung räumlicher Daten für mobile GIS. In: Horst, B.J. (ed.) - Deutsche Gesellschaft für Kartographie e.V. Kommission Praktische Kartographie: Kartographie als Baustein moderner Kommunikation. Kartographische Schriften. Kirschbaum, Bonn. 6, 27-31.
- Teufelsbrucker, D. (1998): Aufbau eines kartographischen Informationssystems für Rollstuhlfahrer in der Wiener City - unter Berücksichtigung von touristischen Zielen und Mobilitätsbarrieren. Diploma thesis, Institut für Kartographie und Geo-Medientechnik der Technischen Universität Wien.