

Demands Set Upon Modern Cartographic Visualization

Stanislav FRANGES

*University of Zagreb, Faculty of Geodesy, Chair for Cartography,
Kačićeva 26, 10000 Zagreb, Croatia*

stanislav.franges@geof.hr

54

Abstract: *Scientific cartography has the task to develop and research new methods of cartographic visualization. General demands are set upon modern cartographic visualization, which encompasses digital cartography and computer graphics: legibility, clearness, accuracy, plainness and aesthetics. In this paper, it is explained in detail what demands should be met in order to satisfy the general demands set. In order to satisfy the demand of legibility, one should respect conditions of minimal sizes, appropriate graphical density and better differentiation of known features. Demand of clearness needs to be met by fulfilling conditions of simplicity, contrasting quality and layer arrangement of cartographic representation. Accuracy, as the demand on cartographic visualization, can be divided into positioning accuracy and accuracy signs. For fulfilling the demand of plainness, the conditions of symbolism, traditionalism and hierarchic organization should be met. Demand of aesthetics will be met if the conditions of beauty and harmony are fulfilled.*

Keywords: *Cartographic visualization, Legibility, Clearness, Accuracy, Plainness, Aesthetic*

1 Introduction

Printed maps, under the influence of new technologies and media and because of modern demands of users, are being more and more supplemented with new forms of cartographic representations. Web-cartography, mobile cartography, telecartography, GPS and PDA devices, mobile phones etc., offer new forms of cartographic

representations and new ways of their usage, substituting previous, slower and less efficient methods. These systems do not only provide different cartographic representations, but they offer potential and possibility of interactive research and analysis for experts and for those who encounter them for the first time. Through the representation of certain spatial data, with combining possibilities of the eye, the brain and understanding of the essence of the problem, a successful link between cartography and visualization has been established.

Creating or improving cartographic tools that will make research possible challenges cartographers. They will bring a map in its natural role being the means of accessing to the state infrastructure of spatial data. Cartographic experts possess knowledge about interaction and correct usage of scales and resolutions in creating visualization. Cartographic experts are trained to make the complexity of the real world abstract, to model objects and relations between them. These skills will be indispensable for future effective users of digital spatial data.

2 Concept of Cartographic Visualization

Modern cartographic visualization encompasses digital cartography and computer graphics. Considering quality, it is a remarkable change of visual representation in almost realistic time that leads to better understanding of many spatial objects. Referring to quantity, it is the possibility of faster and cheaper production of a wide range of various cartographic products (Taylor 1994, Kraak and Ormeling 2001).

Scientific cartography has the task to develop and research new methods of cartographic visualization. For

Zahtjevi postavljeni suvremenoj kartografskoj vizualizaciji

Stanislav FRANGEŠ

Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Katedra za kartografiju,
Kačićeva 26, 10000 Zagreb

stanislav.franges@geof.hr

55

Sažetak: Zadaća je znanstvene kartografije razviti i istražiti nove metode kartografske vizualizacije. Suvremenoj kartografskoj vizualizaciji, koja obuhvaća digitalnu kartografiju i računalnu grafiku, postavljaju se opći zahtjevi: čitljivost, preglednost, točnost, zornost i estetičnost. U radu se detaljno objašnjava koje je uvjete potrebno ispuniti kako bi se udovoljilo postavljenim općim zahtjevima. Tako za udovoljenje zahtjeva čitljivosti treba poštovati uvjet minimalnih veličina, primjerene grafičke gustoće te boljeg razlikovanja poznatih oblika. Zahtjevu preglednosti udovoljit će se ispunjenjem uvjeta jednostavnosti, kontrastnosti i slojevitosti kartografskog prikaza. Točnost se, kao zahtjev kartografskoj vizualizaciji, može razdvojiti na položajnu i značenjsku. Za udovoljenje zahtjeva zornosti treba ispuniti uvjete simboličnosti, tradicionalnosti i hijerarhijske organiziranosti. Zahtjevu estetičnosti udovoljit će se ako budu ispunjeni uvjeti ljepote i harmoničnosti.

Ključne riječi: kartografska vizualizacija, čitljivost, preglednost, točnost, zornost, estetičnost

1. Uvod

Tiskane karte sve su češće, pod utjecajem novih tehnologija i medija te zbog suvremenih zahtjeva korisnika, nadopunjene novim oblicima kartografskih prikaza. Web-kartografija, mobilna kartografija, telekartografija, GPS-uređaji, PDA-uređaji, mobiteli i dr. nude nove oblike kartografskih prikaza i nove načine njihove upotrebe, zamjenjujući pritom prijašnje, sporije i manje djelotvorne metode. Takvi sustavi osiguravaju ne samo različite kartografske prikaze, nego pružaju potencijal i mogućnost interaktiv-

no istraživanja i analize za stručnjake ali i za one koji se s njima prvi put susreću. Prikazom određenih prostornih podataka, uz kombiniranje mogućnosti oka, mozga i razumijevanja srži problema, uspostavljena je uspješna veza između kartografije i vizualizacije.

Kartografima je izazov stvaranje ili poboljšavanje vizualizacijskih alata koji će omogućiti istraživanje. Oni će dovesti kartu u njezinu prirodnu ulogu kao sredstvo pristupa državnoj infrastrukturi prostornih podataka. Kartografi stručnjaci trebaju posjedovati znanja o interakciji i ispravnoj upotrebi mjerila i rezolucije pri stvaranju vizualizacije. Kartografi stručnjaci trebaju biti izvježbani za apstrahiranje složenosti stvarnog svijeta, modeliranje objekata i odnosa među njima. Te će vještine biti prijeko potrebne za buduću učinkovitu vizualizaciju i uporabu digitalnih prostornih podataka (Frangeš i dr. 2002).

2. Pojam kartografske vizualizacije

Moderna kartografska vizualizacija obuhvaća digitalnu kartografiju i računalnu grafiku. U pogledu kvalitete, to je znatna promjena vizualnog izlaganja u gotovo realnom vremenu, koje omogućuje povećanje razumijevanja mnoštva prostornih objekata. U pogledu kvantitete, to je mogućnost brže i jeftinije proizvodnje široke lepeze različitih kartografskih proizvoda (Taylor 1994, Kraak i Ormeling 2001).

Zadaća je znanstvene kartografije razviti i istražiti nove metode kartografske vizualizacije. Pritom se znanje o grafičkom prikazu geoinformacija mora povezati sa suvremenim digitalnim vizualizacijskim alatima. Danas postoje usluge koje podržavaju mobilni koncept (položajne usluge) i telekartografiju. U ručnim računalima i automobilskim navigacijskim sustavima upotrebljavaju se jednostavni

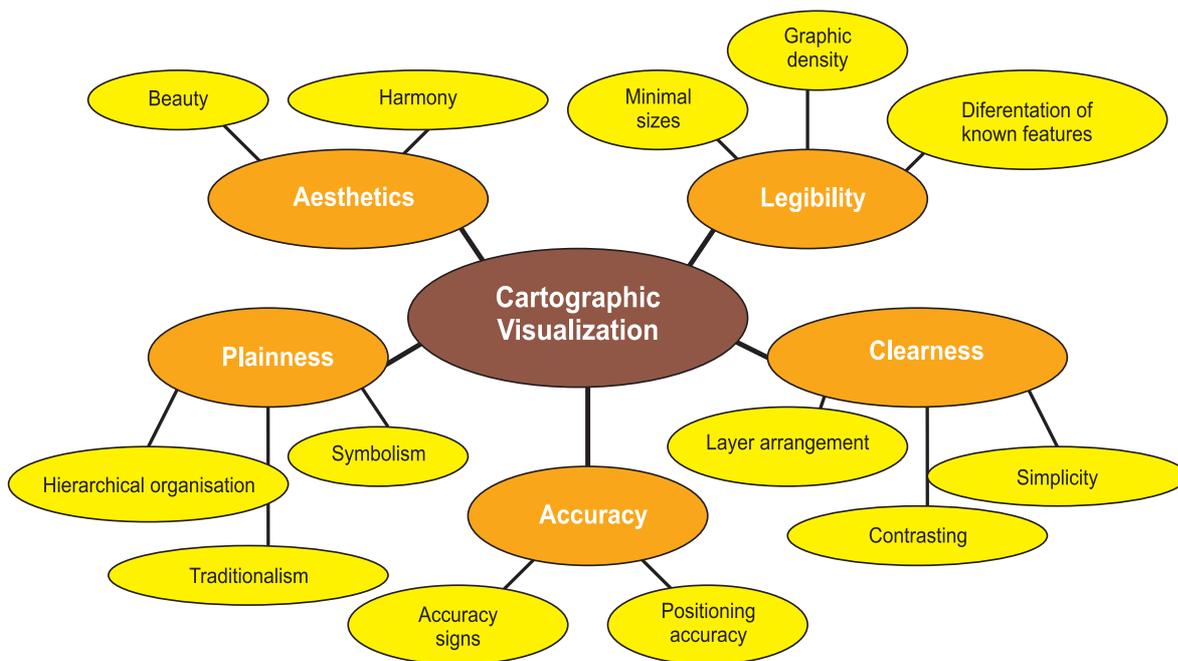


Fig. 1. Demands set upon cartographic visualization and conditions that should be fulfilled in order to meet these demands

56

that purpose, the knowledge about graphical representation of geoinformation must be connected with modern digital visualization tools. Today, we have services that support mobile concept (positional services) and tele-cartography. In handheld computers and car navigation systems, simple data and pictures are being used. Small hand devices (accessory GPS devices, PDA devices) do not have visual clarity of a large paper map, but they have great potential for specific usage. The importance and the power of virtual and analytical cartography are created by these systems, but the need for good and appropriate design, static or dynamic, is always present (Gartner 2004). The main focus in modern cartography is on understanding the processes and methods of “how to efficiently communicate with spatial information”. Geoinformation demands and needs, viewed through the prism of mobility, differ from stationary surrounding.

3 General Demands Set Upon Cartographic Visualization

Before considering and making demands has commenced, one should reflect upon our experience of a cartographic representation or upon what is necessary to experience one. This question touches the essence of cartographic communication itself. According to this, cartographic representation is a visually very clear and to a certain extent intuitive model of space. Cartographic communication is graphical and visual communication.

Eyesight is one of the most important links that connect us with the environment; it represents a human's connection with the world. Thus, in implementation of different cartographic representations, eyesight and its capabilities and limitations set certain conditions, no

matter if the cartographic representations are in analogue or digital form. These conditions will be the most important by setting demands upon cartographic visualization, since human eye is the main factor of its limitation. Namely, abilities or limitations of an eye were the same in the past, they are the same today and will be same in the future, no matter if cartographic representation is in analogue form or digital form on the screen of computer, mobile phone or some other device.

Thereat, it is important to know that eye sensation is created based upon received impulses, as a complete psychical experience that everyone experiences individually. In order for eye sensation to become eye experience, the participation of higher psychical functions, like memory, abstraction and similar, is necessary. From all this it derives that we actually “watch” with our brain (Card et al. 1999).

In “classical” cartographic manuals, for example are those written by Peterca et al. (1974), Lovrić (1988), Robinson et al. (1995) or Hake et al. (2002), various demands are stated that cartographic visualization should meet. The following three demands can be summarized:

- Legibility
- Plainness
- Accuracy.

Apart from that, cartographic visualization should also meet the demands that can be set upon any graphic representation, and so cartographic as well. The following demands are of greatest importance:

- Clearness
- Aesthetics.



Slika 1. Zahtjevi postavljeni kartografskoj vizualizaciji i uvjeti koje je potrebno ispuniti za udovoljenje tih zahtjeva

podaci i slike. Mali ručni uređaji (priručni GPS-uređaji, PDA-uređaji) nemaju vizualnu preglednost velike papirna-te karte, ali za specifične primjene imaju veliki potencijal. Važnost i snaga virtualne i analitičke kartografije ostvarena je tim sustavima, ali je uvijek prisutna potreba za dobrim i prikladnim dizajnom, statičkim ili dinamičkim (Gartner 2004). U modernoj je kartografiji glavni fokus na razumijevanju procesa i metoda „kako učinkovito komunicirati prostornim informacijama“. Geoinformacijski zahtjevi i potrebe, kroz prizmu mobilnosti, razlikuju se od stacionarne okoline.

3. Opći zahtjevi postavljeni kartografskoj vizualizaciji

Prije početka razmatranja i postavljanja zahtjeva kartografskoj vizualizaciji, treba razmisliti kako uopće doživljavamo kartografski prikaz ili što je potrebno da bismo ga doživjeli. To pitanje zadire u srž kartografske komunikacije. Prema tome je kartografski prikaz vizualno pregledan, u određenoj mjeri i zoran model prostora. Kartografska komunikacija je grafičko-vizualna komunikacija.

Dakle, vid je jedna od najvažnijih spona što nas povezuje s okolišem, to je čovjekova veza sa svijetom. Tako i pri upotrebi različitih kartografskih prikaza, vid i njegove mogućnosti i ograničenja postavljaju neke uvjete, bez obzira na to jesu li kartografski prikazi u analognom ili digitalnom obliku. Ti će uvjeti biti najvažniji pri postavljanju zahtjeva kartografskoj vizualizaciji, jer je ipak čovječje oko osnovni čimbenik njezina ograničenja. Naime, mogućnosti ili ograničenja oka bila su ista kod korisnika u prošlosti, ista su danas, a bit će ista i u budućnosti, bez obzira na to je li kartografski prikaz u analognom obliku

ili u digitalnom na zaslonu računala, mobitela ili nekog drugog uređaja.

Pritom treba znati da se vidni osjet stvara na temelju primljenih impulsa, kao potpuno psihički doživljaj koji svatko doživljava individualno. Kako bi vidni osjet postao vidni doživljaj, potrebno je još i sudjelovanje viših psihičkih funkcija, kao što su pamćenje, apstrakcija i sl. Iz svega proizlazi da zapravo „gledamo“ mozgom (Card i dr. 1999).

U „klasičnim“ udžbenicima kartografije, kao npr. u udžbenicima Peterce i dr. (1974), Lovrića (1988), Robinsona i dr. (1995) ili Hakea i dr. (2002), navode se različiti zahtjevi kojima kartografska vizualizacija treba udovoljiti. Iz svega se mogu sažeti sljedeća tri zahtjeva:

- čitljivost
- preglednost
- točnost.

Osim toga, kartografska vizualizacija mora udovoljiti i zahtjevima koji se mogu postaviti pred bilo koji grafički prikaz, pa tako i kartografski. Najvažniji su:

- zornost
- estetičnost.

Svaki od navedenih zahtjeva (slika 1) moguće je provesti na pojedinim sastavnim dijelovima kartografike, no mnogo je primjerenije to učiniti njihovim svrsishodnim kombiniranjem, što svakako ima veću važnost za oblikovanje djelotvorne kartografske vizualizacije, a time i kartografskog prikaza primjerenoga korisniku. Redosljed iznesenih zahtjeva nije osobito važan jer se pojedini zahtjevi djelomice podudaraju, a neki pak međusobno suprotstavljaju ili postavljaju dodatne uvjete za njihovo uspješno ostvarenje (Frangeš 1998).

Each of the above stated demands (Fig. 1) can be carried out on single ingredient parts of the cartographic representation, but it is much more adequate to do it through a purposeful combination of them. It has quite certainly much greater importance for the formation of efficient cartographic visualization, and thus also for the cartographic representation appropriate to the user. The order of above stated demands is not especially important, because some demands are overlapping in part, and some are opposite or set additional conditions for their successful realization (Frangeš 1998).

4 Legibility

Reading the map is recognition and interpretation of cartographic elements which map contains. Legibility is an unambiguous transfer of information. It is necessary to fulfil certain conditions for its realization in a cartographic representation. First of all, it is respecting minimal sizes below which a certain shape cannot be recognized by its shape and spread. Furthermore, those are appropriate graphic density and better differentiation of known features in a cartographic representation.

Legibility of signatures on the map is mostly affected by their sizes, and the shape and colour of signature have less influence. On the other hand, sizes of signatures and names on the map shouldn't be too large, because it causes higher graphical overload of the map and lower clearness.

4.1 Minimal sizes

When spatial object is projected into a plane, an image of the object is created. It can be, because of the size of the object and necessary decrease during projection, projected as a basic geometrical-graphical element: point, line and plane. At the same time, it is necessary to take care of minimal sizes because of differentiation of individual features. It is, according to Lovrić (1988), a defined size below which a graphic sign or its part can no longer be recognized on the map by its shape and spread.

Researches on minimal sizes on the screen have been conducted by many cartographers, and Malić (1999) in her dissertation determined factors for increasing minimal sizes of individual signatures, depending on applied size and resolution of the screen. Own research has showed that, starting from normal distance of observation from the screen, raster structure on the resolution of 500 pixels/inch will no longer be observable. Exceptions are letters and thin lines, which are deflected a bit from vertical or horizontal line, and lines that have the width having the number of pixels that is not an integer. If these lines are presented with shiny colours, then its toothness is moderated, but that causes problems because of bad differentiation (Frangeš, 2000).

4.2 Graphic density

Graphic density or graphic load of the map is the relation of the surface covered by the drawing to the whole

surface of the map. There are no exact norms set for the graphic density of a map. Namely, it changes depending on the area presented on the map. From research studies on graphic density on a large number of maps, it was derived that maximum proportion 1:6 or 16% of the map covered with the drawing still enables good clarity. However, with smaller scales, this coverage of surface increases even to 25%. This increase of graphic density is somewhat compensated by a greater number of colours on the map, since differentiation of content by increasing number of colours generally enhances clearness (Frangeš, 1998).

In regards to graphic density, the number of represented objects has the most important role. On the basis of research on the number of the graphical elements on the unit surface of cartographic representation it is possible to set an empirical thesis. According to Bertin (1974), if we want to maintain legibility of cartographic representation, there should not be more than 10 cartographic signs set on 1 cm². However, from own researches it follows that 10 same or similar cartographic signs set on 1 cm² of surface of the cartographic representation are the great obstruction to legibility and even look disturbing. The situation is completely different if those are 10 completely different signs, e.g. of different size, shape and colour. These signs are of satisfactory legibility and are not, despite increased graphic density, overload in the general appearance of cartographic representation. Imhof (1985) came to similar conclusions, and he warned that graphical elements of the same kind or similar, when they "lay" one on top of the other, mutually disturb and even nullify each other. A multitude of lines covered with another multitude of lines lead to confusion. In contrast, different graphic elements set one on top of others disturb very little. They can even increase the legibility of cartographic representation.

Because of perceptible darkening of certain surfaces, great graphic density contributes to darkening of the total appearance of a map. Bertin (1974) again quotes the proportion, recommending that at most 5–10% of the surface of cartographic representation should be occupied by black or another dark colour.

Graphic load with names, compared to other content of cartographic representation, occupies a big part, and on some representations it can be more than 50%. This is why special attention is given to selection and formatting of names on a cartographic representation. Cartographic letters have their specificity, unlike used for text or other needs. Namely, while the letters of a book are almost always read on the white surface, cartographic letters are read on multicoloured surface that constitutes the drawing of cartographic representation. Name density depends on size, character of terrain and specifics of application and purpose of cartographic representation.

4.3 Differentiation of known features

In order to achieve good legibility, it is necessary to provide differentiation of applied graphic elements in the field of cartographic representation. According to Spiess

* —————	0,1 - 0,1 - 0,1	* =========	0,4 - 0,1 - 0,4
* —————	0,1 - 0,2 - 0,1	=====	0,4 - 0,2 - 0,4
=====	0,1 - 0,3 - 0,1	=====	0,4 - 0,3 - 0,4
* —————	0,2 - 0,1 - 0,2	* =========	0,7 - 0,1 - 0,7
=====	0,2 - 0,2 - 0,2	=====	0,7 - 0,2 - 0,7
=====	0,2 - 0,3 - 0,2	=====	0,7 - 0,3 - 0,7
* —————	0,3 - 0,1 - 0,3	* =========	1,0 - 0,1 - 1,0
=====	0,3 - 0,2 - 0,3	=====	1,0 - 0,2 - 1,0
=====	0,3 - 0,3 - 0,3	=====	1,0 - 0,3 - 1,0

Fig. 2. Favourable and unfavourable of space between double lines. Numbers next to lines mean the width line-space-line in mm, and * warns that the space is too small.

Slika 2. Povoljni i nepovoljni međurazmaci dvostrukih linija. Brojke uz liniju daju širinu crta-međurazmak-crta u mm, a oznaka * upozorava da je međurazmak premalen.

4. Čitljivost

Čitanje karata je raspoznavanje i tumačenje kartografskih elemenata koje karta sadrži. Čitljivost je jednoznačni prijenos informacija. Za njezino ostvarenje na kartografskom prikazu potrebno je zadovoljiti neke uvjete. To je prije svega poštovanje minimalnih veličina ispod kojih se neki oblik ne može raspoznati po obliku i protezanju. Nadalje, to su primjerena grafička gustoća te bolje razlikovanje poznatih oblika na kartografskom prikazu.

Na čitljivost signatura na karti najviše utječe njihova veličina, a nešto manje utječu oblik i boja signatura. S druge strane, veličine signatura i imena na karti ne smiju biti preveliki jer to prouzrokuje veće grafičko opterećenje karte i manju preglednost.

4.1. Minimalne veličine

Pri preslikavanju prostornog objekta u ravninu dobiva se slika objekta. On se, zbog veličine objekta i zbog nužnog smanjenja pri preslikavanju, može preslikati kao osnovni geometrijsko-grafički elementi: točka, linija i površina. Pritom je zbog razlikovanja pojedinih elemenata nužno voditi računa o minimalnim veličinama. To je,

prema Lovriću (1988), određena veličina ispod koje se neki grafički znak ili njegov dio na karti ne može više razaznati po obliku i protezanju.

Istraživanje minimalnih veličina na zaslonu monitora provodili su mnogi kartografi, a Maličeva (1998) je u svojoj disertaciji, ovisno o primijenjenoj veličini i razlučivosti zaslona monitora, utvrdila faktore povećanja minimalnih veličina za pojedine signature. Vlastita istraživanja pokazala su da polazeći od normalne udaljenosti promatranja zaslona monitora rasterska struktura pri rezoluciji 500 toč/inču neće više biti zamjetljiva. Iznimka su pismo i tanke crte, koje su malo otklonjene od okomite odnosno vodoravne crte, te crte koje po svojoj širini zauzimaju necjelobrojan broj piksela. Ako su te crte sjajnih boja, onda je njihova nazubljenost ublažena, ali to prouzrokuje problem lošeg razlikovanja (Frangješ 2000).

4.2. Grafička gustoća

Grafička gustoća ili grafičko opterećenje karte je odnos površine prekrivene crtežom prema ukupnoj površini karte. Za grafičku gustoću karte nema točnih normi. Naime, ona se mijenja ovisno o području koje je prikazano na karti. Iz istraživanja grafičke gustoće na

(1996), the most important general principle of legibility is that differences should always be clearly visible, and not just roughly guessed. In order to achieve this differentiation, it is necessary to thoughtfully use graphic variables. Length of signature is also important for legibility, e.g. number of signatures of one family that can be reliably distinguished and clearly recognized from the others on the cartographic representation.

There is another moment that influences legibility. Namely, familiar features are read faster and more accurately than new ones. Therefore, well-known and accepted signatures that are applied in an almost unchanged or very similar form should be used on cartographic representation.

It is a well-known fact that we like some objects, colours and their combinations of certain proportions more than similar objects of different proportions, colours and their combinations. We give advantage to the objects we like, namely, we prefer them. In the same manner, in cartography, there are certain signatures and colours in which they are made, and some letter groups and kinds of letters for names on cartographic representation which we like more than others. Results of research show that plain or picturesque signatures are preferred, and among geometrical signatures, rounded signatures are preferred more than rectangular. Partial results of researches have been presented in Frangeš (1998) and Frangeš et al. (2000).

Legibility of letters on a cartographic representation also depends on differentiation from other content. The

easiest way to achieve such differentiation is to adjust the colour of letters considering the colour of background. In practice, black is mostly used for letters, and then brown and grey, and blue colour is used for the names of waters, watercourses, and shore forms of Earth's relief. Besides this, for better differentiation of letters and signatures from the rest of the content, so called coronation is preformed, e.g. interrupting other graphical elements near the letters and signatures. Coronation is performed at most to 0.3 mm from the line of the letters. Through this, additional light–dark contrast, which is based on lightness or vividness of colours, is achieved. Table 1 gives presentation of good, average and bad legibility of colours on coloured background, with a remark that combining of light red on blue green should be avoided because of appearance of possible accompanying unpleasant vibrating effects (Frangeš 2005).

5 Clearness

Setting a demand that cartographic visualization should be clear, the first thing we want to achieve is easy and quick orientation and understanding of important information. Clearness is achieved by simple formation of cartographic signs and cartographic generalization. Too high graphic density of a cartographic representation (see section 4.2) reduces its clearness, and on the other hand, contrast under which conspicuous oppositions of elements used for expressing on cartographic representation are understood, increases its clearness. The layer

60

Table 1. Examples of good, average and bad legibility of colour on the coloured background

GOOD	AVERAGE	BAD
Black on white	Red on light yellow	Yellow on white
Black on yellow	Orange on black	Red on blue
Green on white	Black on blue	Red on black
Blue on white	Black on light green	Red on blue-green
Red on white	White on black	
Yellow on black		

velikom broju karata proizlazi da maksimalni odnos 1:6 ili 16% pokrivena površina karte crtežom još omogućuje dobru preglednost. Međutim kod sitnijih mjerila povećava se ta pokrivenost površine i do 25%. To se povećanje grafičke gustoće donekle kompenzira većim brojem boja na karti, jer razlikovanje sadržaja povećanim brojem boja načelno poboljšava preglednost (Frangješ 1998).

S obzirom na grafičku gustoću najvažniju ulogu ima broj prikazanih objekata. Istraživanjima broja grafičkih elemenata na jediničnoj površini kartografskog prikaza moguće je postaviti neke empirijske postavke. Tako, prema Bertinu (1974), ako se želi zadržati čitljivost kartografskog prikaza, na 1 cm² ne treba nikada biti smješteno više od 10 kartografskih znakova. Međutim, iz vlastitih istraživanja proizlazi da je 10 istih ili sličnih kartografskih znakova smještenih na 1 cm² površine kartografskog prikaza velika smetnja čitljivosti i djeluje čak uznemirujuće. Potpuno je drugačije stanje ako je to 10 sasvim različitih znakova, npr. različite veličine, oblika i boje. Ti su znakovi zadovoljavajuće čitljivi i nisu, unatoč povećanoj grafičkoj gustoći, preopterećenje u općem izgledu kartografskog prikaza. Do sličnih je zaključaka došao i Imhof (1985), koji upozorava da jednakovrsni ili slični grafički elementi, kada „leže“ jedni preko drugih, uzajamno smetaju i čak se poništavaju. Mnogstvo linija prekrivenih drugim mnogstvom linija vodi zabuni. Naprotiv, vrlo malo smetaju raznovrsni grafički elementi postavljeni jedni preko drugih. Dapače, oni mogu povećati čitljivost kartografskog prikaza.

Velika grafička gustoća, zbog primjetnog potamnjenja pojedinih površina, pridonosi vidljivu zatamnjenju sve-

ukupnog izgleda karte. Bertin (1974) tu opet navodi mjeru, preporučujući da bude najviše 5-10% površine kartografskog prikaza zaposjednuto crnom ili nekom tamnom bojom.

Grafičko opterećenje imenima s obzirom na ostali sadržaj kartografskog prikaza zauzima veliki dio, na nekim prikazima i više od 50%. Zato se izboru i oblikovanju imena na kartografskom prikazu poklanja osobita pozornost. Kartografska slova imaju svoje specifičnosti, za razliku od slova koja se upotrebljavaju za tekst ili druge potrebe. Naime, dok se pismo knjige čita gotovo uvijek na bijeloj podlozi, kartografska se slova čitaju na šarenoj podlozi koja čini crtež kartografskog prikaza. Gustoća imena ovisi o mjerilu, karakteru zemljišta te posebnostima upotrebe i namjene kartografskog prikaza.

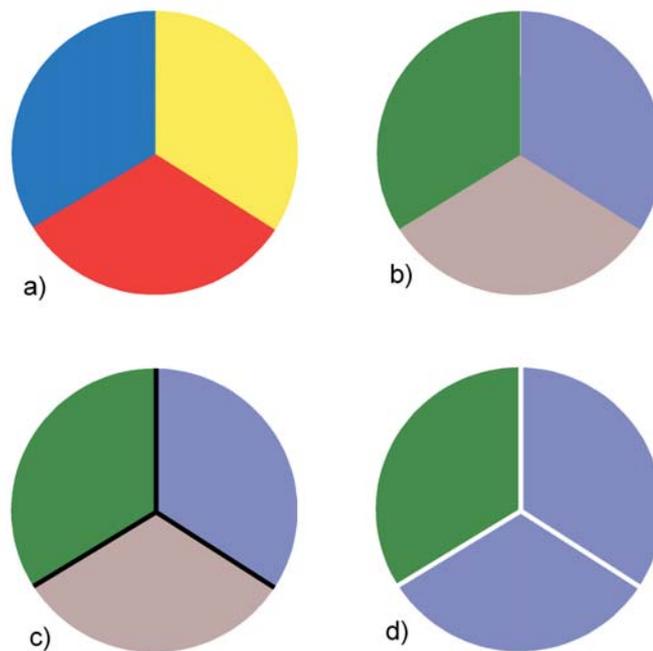
4.3. Razlikovanje poznatih oblika

Za ostvarenje dobre čitljivosti nužno je u polju kartografskog prikaza također osigurati razlikovanje primijenjenih grafičkih elemenata. Prema Spiessu (1996), najvažnije je opće načelo čitljivosti da razlike budu uvijek jasno vidljive, a ne samo otprilike nagađane. Kako bi se razlikovanje ostvarilo potrebno je smišljeno primijeniti grafičke varijable. Za čitljivost je također važna duljina signatura, tj. broj signatura jedne porodice, koje možemo na kartografskom prikazu pouzdano razlikovati i jasno raspoznati od drugih.

Postoji još jedan moment koji utječe na čitljivost. Naime, poznati se oblici brže i točnije čitaju nego neki novi. Stoga bi trebalo na kartografskom prikazu što više upotrebljavati dobro poznate i prihvaćene signature koje

Tablica 1. Primjeri dobre, srednje i loše čitljivosti boje na obojenoj podlozi

DOBRA	SREDNJA	LOŠA
Crno na bijelom	Crveno na svjetložutom	Žuto na bijelom
Crno na žutom	Narančasto na crnom	Crveno na modrom
Zeleno na bijelom	Crno na plavom	Crveno na crnom
Modro na bijelom	Crno na svjetlozelenom	Crveno na plavozelenom
Crveno na bijelom	Bijelo na crnom	
Žuto na crnom		



62

Fig. 3. Colour against colour: a) strongest, obtained by using primary colours, b) weaker, by moving away from primary colours, c) weak contrast amplification by separating colours with a black outline, d) weak contrast amplification by separating colours with a white outline

Slika 3. Kontrast boje nasuprot boji: a) najjači, postignut upotrebom primarnih boja, b) slabiji, udaljavanjem od primarnih boja, c) pojačanje slabog kontrasta odvajanjem boja crnom konturnom crtom, d) pojačanje slabog kontrasta odvajanjem boja bijelom konturnom crtom

arrangement of the representation, which is derived directly from the observation of representation, contrasting enough, is also important for clearness. It should be noted that differentiation of content of cartographic representation by graphic means is founded on principles: larger – more perceptual and more important – more perceptual (MacEachren 1995).

5.1 Simplicity

Rationally modelled signs on cartographic representation are the condition, according to Imhof (1985), for achieving clear visualization. Principle in using signatures applies that the simplest signs are modelled that are numerous on cartographic representation. However, to form a simple signature that would satisfy the viewer from the aspect of legibility and clearness, but which remains plain and aesthetically beautiful is a very demanding task. The question is whether it is and in what extent it is possible.

In the section about legibility, it was pointed out that researches showed that amongst geometric signatures, we prefer rounded to rectangular shapes. However, one should know that on the contrary, rectangular signatures are better noticed and clearer than rounded.

5.2 Contrasting

Under the term contrast we understand notable contrarities of elements of cartographic expression. In this way, we can differentiate moderate contrast, where con-

trarities are notable but moderate, then emphasized contrast, where contrarities are very notable, and dominant or prevailing contrast, where the contrarities are prevailing on the drawing of cartographic representation.

For achieving clarity, selection of colours that will be applied on cartographic representation is very important. By their presence alone, they classify, emphasize, parse, and when they are successfully combined with other elements of cartography they increase clarity and the interpretation of the content of the map even further.

On the performed test of perceptibility of certain colours, the order is as follows: the best and fastest noted is on orange–yellow surface, then green and red, and blue. However, when point or line signature was in colour, the test gave the following results: the easiest to see are signatures of blue colour, then black, dark brown, and signatures of green and yellow colour are bad. At the end of the analysis of contrast, it should be pointed out that, if we try to make everything shown on the map contrasting, i.e. accentuated in regard to background and in front, there is danger from achieving the opposite effect and the cartographic representation can become rough, not differentiated enough, i.e. unclear.

5.3 Layer Arrangement

When optimal contrasting quality of cartographic elements is achieved on cartographic representation, it is a good prerequisite for optimal layer arrangement of representation. The main content or the first layer should be

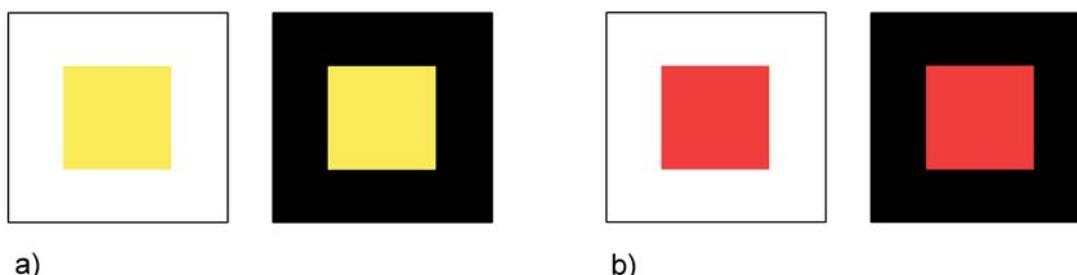


Fig. 4. Examples of quantify contrast: a) yellow surface seems larger in white than on black background, b) red surface seems smaller on white than on black background

Slika 4. Primjeri kontrasta kvantitete: a) površina žute boje čini se na bijeloj podlozi većom nego na crnoj, b) površina crvene boje čini se na bijeloj podlozi manjom nego na crnoj

se primjenjuju u gotovo neizmijenjenom ili vrlo sličnom obliku.

Opće je poznata činjenica da nam se neki predmeti, boje i kombinacije određenih proporcija više sviđaju od sličnih predmeta drugih proporcija, boja i njihovih kombinacija. Predmetima koji nam se sviđaju dajemo prednost, odnosno preferiramo ih. Tako i u kartografiji neke signature i boje u kojima se one izvode, te neke pismovne skupine i vrste pisma za imena na kartografskom prikazu preferiramo više od kojih drugih. Preferirani elementi kartografike brže se i točnije čitaju i lakše im se pamti značenje. Rezultati istraživanja pokazuju da se preferiraju zorne ili slikovite signature, a među geometrijskima zaobljene ispred pravokutnih signatura. Djelomični rezultati istraživanja prikazani su u Frangeš (1998), Frangeš i dr. (2000).

Čitljivost pisma na kartografskom prikazu ovisna je također o razlikovanju od ostalog sadržaja. Takvo razlikovanje može se najlakše postići bojom pisma, vodeći računa o boji podloge. U praksi se za pismo upotrebljava najčešće crna, potom smeđa i siva, a za imena voda, vodenih tokova i obalnih oblika Zemljina reljefa plava boja. Osim toga, za bolje razlikovanje pisma i signatura od ostalog sadržaja provodi se tzv. koroniranje, tj. prekidanje ostalih grafičkih elemenata u blizini slova i signatura. Koroniranje se izvodi najviše do 0,3 mm od linije slova. Time se postiže dodatni svijetlo-tamni kontrast, koji se temelji na svjetloći ili jarkosti boja. U tablici 1 dan je prikaz dobre, srednje i loše čitljivosti boje na obojenoj podlozi, uz napomenu da kombiniranje svijetlocrvenoga na plavozelenom treba izbjegavati zbog pojave mogućih popratnih neugodnih vibracijskih efekata (Frangeš 2005).

5. Preglednost

Postavljanjem zahtjeva preglednosti kartografske vizualizacije želi se u prvom redu ostvariti laka i brza orijentacija te spoznaja bitnih informacija. Preglednost se postiže jednostavnim oblikovanjem kartografskih znakova i kartografskom generalizacijom. Prevelika grafička gustoća kartografskog prikaza (vidi odlomak 4.2) smanjuje njegovu preglednost, a kontrast pak, pod kojim se razumiju upadljive suprotnosti elemenata što se upotrebljavaju za izražavanje na kartografskom prikazu, povećava njegovu preglednost. Za preglednost je također

važna slojevitost prikaza koja proizlazi upravo iz promatranja prikaza, dovoljno kontrastnoga. Treba primijetiti da se razlikovanje sadržaja kartografskog prikaza grafičkim sredstvima zasniva na načelima: što veće – to uočljivije i što važnije – to uočljivije (MacEachren 1995).

5.1. Jednostavnost

Svrshodno oblikovani znakovi na kartografskom prikazu uvjet su, prema Imhofu (1985), za ostvarenje pregledne vizualizacije. U primjeni signatura vrijedi načelo da se oblikuju najjednostavniji znakovi koji su na kartografskom prikazu mnogobrojni. Međutim, oblikovati jednostavnu signaturu koja će zadovoljiti promatrača u pogledu čitljivosti i preglednosti, a ujedno biti zorna i estetski lijepo oblikovana, vrlo je zahtjevan zadatak. Čak je pitanje je li u kojoj je mjeri to moguće.

U odlomku o čitljivosti istaknuto je da su istraživanja pokazala kako se među geometrijskim signaturama preferiraju zaobljeni ispred pravokutnih oblika. Međutim, treba znati da se bolje zapažaju i preglednije su, baš obrnuto, pravokutne signature od zaobljenih.

5.2. Kontrastnost

Pod kontrastom se podrazumijevaju primjetljive suprotnosti elemenata kartografskog izražavanja. Tako se mogu razlikovati umjereni kontrast, gdje su suprotnosti uočljive ali umjerene, zatim naglašeni kontrast, gdje su suprotnosti jako uočljive, i dominantni ili vladajući kontrast, gdje su suprotnosti takve da prevladavaju crtežom kartografskog prikaza.

Za postizanje preglednosti osobito je važan izbor boja koje će biti primijenjene na kartografskom prikazu. One već svojom pojavom svrstavaju, naglašavaju, raščlanjuju sadržaj karte, a kada se uspješno kombiniraju s ostalim elementima kartografike još povećavaju preglednost i tumačenje sadržaja karte.

Na provedenom testu uočljivosti pojedinih boja redoslijed je sljedeći: najbolje se i najbrže uočava površina narančastožute boje, zatim zelene i crvene te modre. Kada je, međutim, točkasta ili linijska signatura bila u boji, test je dao sljedeći rezultat: najuočljivije su signature modre boje, zatim crne, tamnosmeđe, a slabo su uočljive signature zelene i žute boje.

expressed more strongly and emphasized by applying and forming corresponding cartography. Details of lower importance will be completely removed or suppressed to the background, for example by applying smaller and less contrasting signatures, paler colours and names written in smaller letters. This other layer of cartographic representation must not make the expression of the first layer difficult or impossible. In this way clearness is enhanced, and monotony and fatigue while observing cartographic representation on which contrasting and layer arrangement of cartography was not carried out is impeded.

If the condition of layer arrangement is fulfilled while observing the map, the observer automatically divides layers in the main layer and the basis or background. It is the fundamental characteristic of visual perception and is not a conscious operation. MacEachren (1994) describes this representation in layers as visual planes. These are planes that contain one or more similar components of objects, and are mutually covered, but transparent. The bottom laid planes or base planes have to be nontransparent.

Layers should possess map graphics with which connection or differentiation of certain objects of the representation will be perceived. Related objects, the road and the railway network for example, should not have too differentiated appearance on cartographic representation so that they would be spontaneously classified in the same layer. This should be achieved in representations of relief as well, through shading and contours, which then together make nontransparent layer of the base (Spiess 1996).

6 Accuracy

Certain accuracy is demanded from cartographic visualization. When cartographic representations were only in analogue form, interest for accuracy was almost always related to positional accuracy of mapped object in relation to its position on the Earth, and to height accuracy on topographic maps. Today's technology, however, enables easy creation of different sets of data and their visualization. The user can choose on the Internet between several data systems that, in lack of an indicator of accuracy, may seem accurate and precise.

Regarding quality of spatial data, since cartographers' products will be worth as much as they are accurate for users, cartographers have a great interest to maintain high quality and up-to-date spatial data. Namely, if a large enough number of users make a mistake because of bad data used for analyses or visualizations, this will eventually reflect the cartographic profession. On the other hand, since norm principle ISO9000 "do not give user more or less quality than he needs", an interesting turnaround is observed in demands that society sets upon cartographers. Cartographers no longer have to try to create the most accurate visualizations. There are reasons now for systematical reduction of quality of data for certain users (Guptill and Morrison 1995).

Accuracy in the representation plane refers to fundamental geometrical-graphical elements, partly to simple signatures, and it does not encompass other elements of cartography. Accuracy of other elements of cartography, degree of their abstraction and generalization are encompassed by the request of sign accuracy.

6.1 Positional Accuracy

Positional accuracy as the demand set upon cartographic representation can be divided into demand for accuracy in the plane of representation and demand of height accuracy.

Accuracy in the plane of representation or horizontal accuracy is the correspondence of position of a point determined on the cartographic representation according to the real position of that point, which must not go over a certain value.

Mean square error as measure of accuracy and standard deviation as the measure of precision have been used for a long time in cartography for representation of quality of positional information. So, expressions for mean square error by coordinate axis are known:

$$m_x = \pm \sqrt{\frac{\sum \varepsilon_x^2}{n}} \quad \text{i} \quad m_y = \pm \sqrt{\frac{\sum \varepsilon_y^2}{n}},$$

where ε_x and ε_y are the differences between measured and real coordinates, and n is the number of points for which this difference is determined.

Total middle square error (m_p) is calculated by formula:

$$m_p = \pm \sqrt{m_x^2 + m_y^2} = \pm \sqrt{\frac{\sum \varepsilon_x^2 + \sum \varepsilon_y^2}{n}}.$$

Mean error of ± 0.33 mm gives empirical value for clearly expressed points of objects and it can be taken as a practical value for topographic and most thematic maps. Other mean errors can be taken if necessary for special elements of contents, for example a mean error of ± 0.1 mm is demanded for trigonometric points on topographic maps. Also, for certain cartographic tasks, different factors included in total positional error must be determined. These are errors of the originator, errors of drawing, errors of generalization, etc. (Frančula 2000).

For calculating the relative positional error (m_L), which marks the mutual positional error of individual points of the same map element, such a procedure can be applied so that for every area of research and for every element of the map part of bias (Δx and Δy) is isolated according to formulas:

$$\Delta x = \frac{\sum \varepsilon_x}{n} \quad \text{i} \quad \Delta y = \frac{\sum \varepsilon_y}{n}$$

$$\delta_x = \varepsilon_x - \Delta x \quad \text{i} \quad \delta_y = \varepsilon_y - \Delta y$$

$$m_L = \pm \sqrt{\frac{\sum \delta_x^2 + \sum \delta_y^2}{n}}.$$

Na kraju treba istaknuti da u slučaju, ako se nastoji sve prikazano na karti učiniti kontrastnim, tj. istaknuti s obzirom na podlogu i staviti u prvi plan, postoji opasnost od postizanja suprotnog efekta pa kartografski prikaz postaje grub, nedovoljno diferenciran, odnosno nepregledan.

5.3. Slojevitost

Kada se na kartografskom prikazu postigne optimalna kontrastnost elemenata kartografike, onda je to dobar preduvjet da bude postignuta i optimalna slojevitost prikaza. Glavni sadržaj ili prvi sloj treba biti jače izražen i istaknut primjenom i oblikovanjem odgovarajuće kartografike. Detalji manje važnosti bit će potpuno udaljeni ili potisnuti u drugi plan primjenom npr. sitnijih i manje kontrastnih signatura, bljeđim bojama i sitnije ispisanim imenima. Taj drugi sloj kartografskog prikaza ne smije otežati ili onemogućiti iskaz prvog sloja. Time se povećava preglednost, a sprječava monotonost i zamor pri pregledavanju kartografskog prikaza na kojem nije provedena kontrastnost i slojevitost kartografike.

Ako je pri promatranju karte zadovoljen uvjet slojevitosti, promatrač automatski odjeljuje slojeve na glavni i na podlogu ili pozadinu. To je temeljna karakteristika vizualnog opažanja i nije svjesna operacija. Takvo slojevito prikazivanje MacEachren (1994) označava kao vizualne ravnine. To su ravnine koje sadrže jednu ili više sličnih komponenata objekata, međusobno prekrivenih ali prozirnih. Najdonje položene ravnine ili ravnine podloge moraju biti neprozirne.

Slojevi trebaju posjedovati kartografiku kojom će se uočiti povezanost ili razlikovanje određenih objekata prikaza. Srodni objekti, npr. cestovna i željeznička mreža, trebaju imati ne prejak diferenciran izgled na kartografskom prikazu kako bi bili spontano svrstani u isti sloj. To bi trebalo postići i prikazima reljefa sjenčanjem i izohipsama, koji tada čine skupni neprozirni sloj podloge (Spiess 1996).

6. Točnost

Od kartografske vizualizacije zahtijeva se određena točnost. Kada su kartografski prikazi bili samo u analognom obliku, zanimanje za točnost odnosilo se gotovo uvijek na položajnu točnost u ravnini kartiranog objekta s obzirom na njegov položaj na Zemlji, te na topografskim kartama na visinsku točnost. Današnja tehnologija, međutim, omogućuje lako stvaranje različitih skupova podataka i njihovu vizualizaciju. Korisnik može na internetu birati između više sustava podataka, koji se, u odsutnosti pokazatelja točnosti, mogu činiti točnima i preciznima.

U svezi s kvalitetom prostornih podataka, kartografi imaju veliki interes održavati visokokvalitetne i aktualne prostorne podatke, jer će njihovi proizvodi vrijediti onoliko koliko su za korisnika točni. Naime, ako dovoljan broj korisnika učini pogreške zbog loših podataka upotrijebljenih za analize ili vizualizacije, to će se na kraju odraziti na kartografsku profesiju. S druge strane s obzirom na načelo norme ISO9000 „ne daj korisniku ni više ni manje

kvalitete nego što on treba“, zapaža se zanimljiv preokret u zahtjevima što ih društvo postavlja kartografima. Kartografi više ne moraju nastojati uvijek stvoriti najtočnije vizualizacije. Sada postoje razlozi za sustavno smanjenje kvalitete podataka za određene korisnike (Guptill i Morrison 1995).

Točnost u ravnini prikaza odnosi se na osnovne geometrijsko-grafičke elemente, donekle na jednostavne signature, a ostali elementi kartografike nisu njome obuhvaćeni. Točnost ostalih elemenata kartografike, stupanj njihove apstrakcije i generalizacije obuhvaćeni su zahtjevom znakovne točnosti.

6.1. Položajna točnost

Položajnu točnost kao zahtjev postavljen kartografskom prikazu možemo razdijeliti na zahtjev točnosti u ravnini prikaza i na zahtjev visinske točnosti.

Točnost u ravnini prikaza ili horizontalna točnost je podudarnost položaja neke točke određenog na kartografskom prikazu prema stvarnom položaju te točke, koja ne smije prijeći neku vrijednost.

Srednja kvadratna pogreška kao mjera točnosti i standardno odstupanje kao mjera preciznosti dugo su se u kartografiji upotrebljavale za procjenu kvalitete položajne informacije. Tako su i poznati izrazi za srednju kvadratnu pogrešku po koordinatnim osima:

$$m_x = \pm \sqrt{\frac{\sum \varepsilon_x^2}{n}} \quad \text{i} \quad m_y = \pm \sqrt{\frac{\sum \varepsilon_y^2}{n}},$$

gdje su ε_x i ε_y razlike između mjerenih i stvarnih koordinata, a n broj točaka za koje je ta razlika određena.

Ukupna srednja kvadratna pogreška (m_p) računa se po formuli:

$$m_p = \pm \sqrt{m_x^2 + m_y^2} = \pm \sqrt{\frac{\sum \varepsilon_x^2 + \sum \varepsilon_y^2}{n}}.$$

Srednja pogreška od $\pm 0,33$ mm daje iskustvenu vrijednost za jasno iskazane točke objekata i može se uzeti kao praktična vrijednost za topografske i većinu tematskih karata. Za posebne elemente sadržaja mogu se, po potrebi, dodatno uzeti i druge srednje pogreške, npr. na topografskim kartama traži se za trigonometrijske točke srednja pogreška od $\pm 0,1$ mm. Također se za određene kartografske zadatke moraju odrediti različiti čimbenici uključeni u ukupnu položajnu pogrešku. To su pogreške izvornika, pogreške crtanja, pogreške generalizacije i dr. (Frančula 2000).

Za računanje relativne položajne pogreške (m_r), koja označava međusobnu položajnu pogrešku pojedinih točaka istog elementa karte, može se primijeniti potupak da se za svako područje istraživanja i svaki element karte izdvoji dio sistematskih pogrešaka (Δx i Δy) prema formulama:

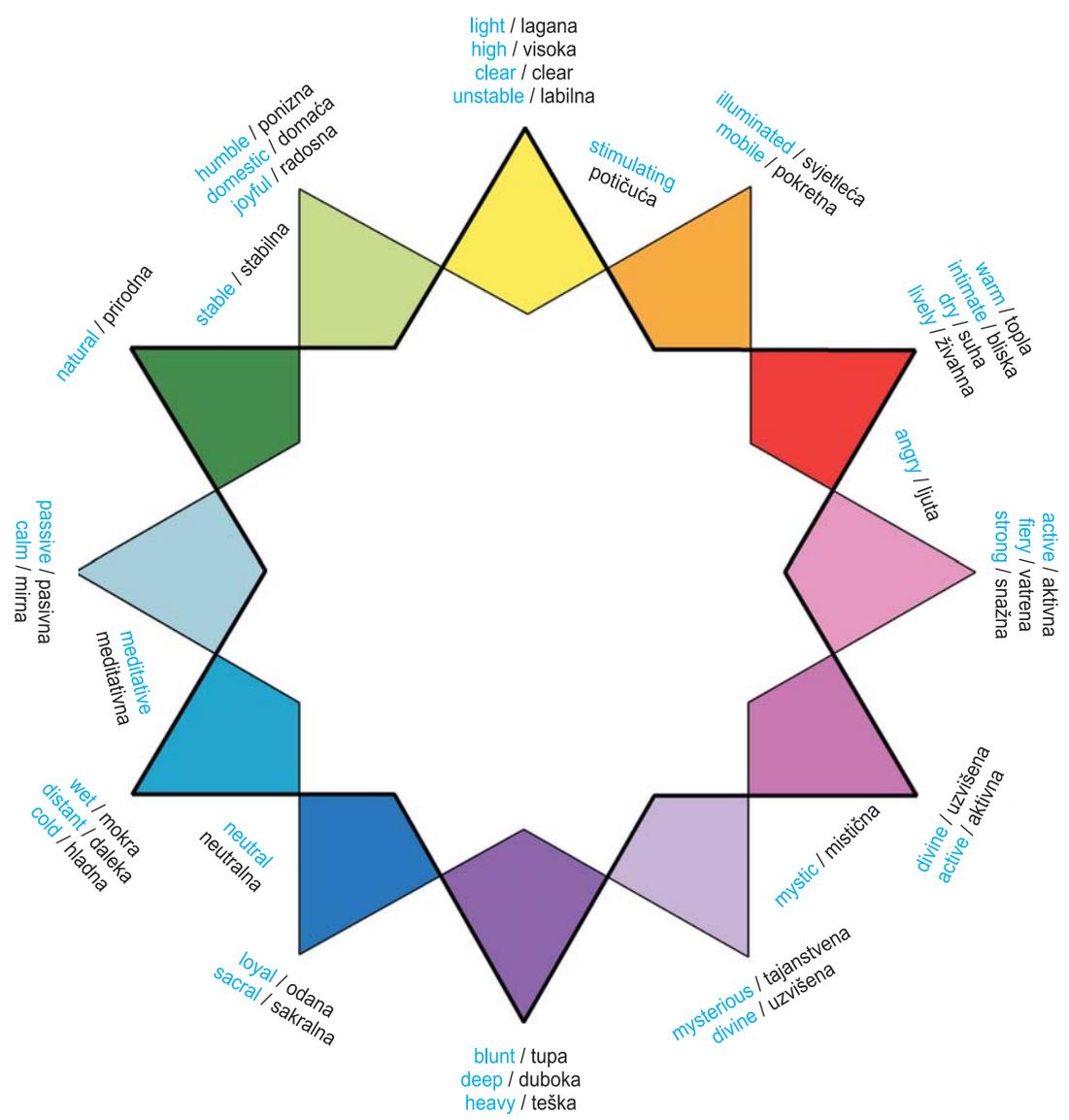


Fig. 5. Experiencing colours represented by a colour star
 Slika 5. Doživljavanje boja prikazano zvijezdom boja

Only basics will be given about height accuracy, because it only has importance in representation of relief. Accuracy of cartographic representation of shape of Earth's relief by contours is most often expressed by Koope's formula:

$$m_H = \pm (A + B \operatorname{tg} \alpha),$$

where m_H - mean error of height of any point determined based on contours, A - part of height error originated because of inaccurately determined height during the measurement, $B \operatorname{tg} \alpha$ - part of height error originated because of inaccurately determined position of point during measurement, α angle of inclination of slope in the point.

Height error of contours (m_H) and positional error (m_L) are connected with relation:

$$\frac{m_H}{m_L} = \operatorname{tg} \alpha,$$

so positional error of contours according to Koope is:

$$m_L = \pm (A \operatorname{ctg} \alpha + B).$$

6.2 Semantic accuracy

It is impossible to give semantic accuracy as precise as positional, but it is still possible to set and fulfil certain demands. So we differentiate:

- Ground plan authentic representation that can only be achieved on cartographic representations in large scales. Here, separated objects on the surface are projected in contour lines of their ground-plans, and uninterrupted objects in accurate contours.
- Ground plan similar representation, characteristic of cartographic representations of larger scale. On them, necessary greater simplifications of separated objects on the surface and expanding of linear objects are carried out. Characteristic shapes are preserved in simplified representation of uninterrupted objects by contours.
- Positional authentic representation, which is characteristic of cartographic representations of middle, small and smaller scale. On them, only biggest objects are

$$\Delta x = \frac{\sum \varepsilon_x}{n} \quad \text{i} \quad \Delta y = \frac{\sum \varepsilon_y}{n}$$

$$\delta_x = \varepsilon_x - \Delta x \quad \text{i} \quad \delta_y = \varepsilon_y - \Delta y$$

$$m_L = \pm \sqrt{\frac{\sum \delta_x^2 + \sum \delta_y^2}{n}}$$

O visinskoj točnosti bit će dano samo osnovno, jer ima važnost samo u prikazu reljefa. Točnost kartografskog prikaza oblika reljefa Zemlje izohipsama najčešće je iskazana Koopeovom formulom:

$$m_H = \pm (A + B \operatorname{tg} \alpha),$$

gdje su m_H – srednja pogreška visine bilo koje točke određene na osnovi izohipsa, A – dio visinske pogreške nastao zbog pogrešno određene visine pri izmjeri, $B \operatorname{tg} \alpha$ – dio visinske pogreške nastao zbog pogrešno određenog položaja točke pri izmjeri, α kut nagiba padine u točki.

Visinska pogreška izohipsa (m_H) i položajna pogreška (m_L) povezane su odnosom:

$$\frac{m_H}{m_L} = \operatorname{tg} \alpha,$$

pa položajna pogreška izohipsa prema Koopeu glasi:

$$m_L = \pm (A \operatorname{ctg} \alpha + B).$$

6.2. Značenjska točnost

Značenjsku točnost nije moguće dati tako egzaktno kao položajnu, ali se ipak mogu postaviti i ispuniti određeni zahtjevi. Tako razlikujemo:

- tlocrtno vjerodostojni prikaz, koji je moguće ostvariti samo na kartografskim prikazima u najkrupnijim mjerilima. Tu se pojedini površinski objekti preslikavaju obrisnim crtama svojih tlocrta, a neprekinuti objekti točnim izolinijama.
- tlocrtno slični prikaz svojstven kartografskim prikazima krupnih mjerila. Na njima su izvedena prijeko potrebna veća pojednostavnjenja površinski odjelitih objekata i proširenja linijskih objekata. Pri pojednostavnjenom prikazu neprekinutih objekata izolinijama sačuvani su karakteristični oblici.
- položajno vjerodostojni prikaz koji je svojstven kartografskim prikazima srednjeg, sitnog i sitnijeg mjerila. Na njima se samo najveći objekti prikazuju svojim tlocrtima, a svi ostali signaturama, čija bi sredina trebala, ako je to ikako moguće, određivati položaj objekta. To je teže ostvariti zornim signaturama nego geometrijskima.
- prostorno vjerodostojni prikaz koji nastaje onda kada se mora izvesti znatno pojednostavnjenje kartografskog prikaza, npr. kada se neki objekt ne prikazuje u svom položaju, već je sveden na odnosnu površinu, tj. na prikaz površinskim kartogramom (Lovrić 1988, Hake i dr. 2002).

7. Zornost

Zornost kartografske vizualizacije postiže se oblikovanjem sastavnih dijelova kartografike koji će ponajprije biti simbolični i tradicionalni, a također i hijerarhijski organizirani. Zornost se postiže u prvom redu izborom kartografskih znakova, koji su i bez posebnog tumačenja svakomu razumljivi.

7.1. Simbolika

Simbolika se temelji na sličnosti sa stvarnim, prirodnim izgledom objekta ili pojave prikazanih elementima kartografike ili na funkcionalnom obilježju objekta koje je slikovito prikazano. Od elemenata kartografike simbolika je najkarakterističnija za kartografske znakove i boju.

Simbolika znakova umnogome pridonosi prirodnom načinu poimanja sadržaja karte. Primjenom simboličnih znakova postiže se da od trenutka opažanja karte do trenutka potpune reprodukcije u svijesti čitatelja prođe što manje vremena. Uvijek je prihvatljivija karta koja simbolikom povezuje činjenice u pojmove.

Vrlo je važno da signature koje se rjeđe primjenjuju, za razliku od onih čestih koje su najjednostavnije oblikovane, imaju karakterističan simbolički izgled. Simbolika točkastih signatura postiže se oblikom (npr. znak mosta), veličinom (npr. veći kružić prikazuje veće naselje) i bojom znaka (npr. znakovi zelene boje za raslinje), a simbolika linijskih signatura oblikom linije (npr. osobita krivudavost potoka), dodatnim detaljima (npr. znakovima za elektrificiranu željezničku prugu) i bojom (npr. plava boja za vodotoke). Stalno upotrebljive komunikacije simbolično se prikazuju neprekinutom linijom, a povremeno upotrebljive ili u izgradnji isprekidanom linijom.

Mnemoničnost je olakšano pamćenje značenja signature, koje bitno pridonosi upotrebnoj vrijednosti kartografskog prikaza. Signature koje svojim izgledom sličje ili podsjećaju na prikazani objekt, odnosno uzorak površinskih signatura koji reproducira tlocrtnu strukturu ili druge bitne karakteristike objekta, lako se pamte. To su prije svega zorne ili slikovite signature, odnosno signaturni i strukturni rasteri ili pak signature prikazane izrazito uočljivom bojom. Provedena istraživanja pokazala su da su najzapamtljiviji oblici narančastocrvene, zatim crvene, zelene i ljubičaste boje, a najviše vremena za pamćenje zahtijevaju modri oblici, koji se i najbrže zaborave. Narančastocrvena se na tom testu pokazala i bojom koja ostaje najdulje u sjećanju.

7.2. Tradicionalnost

Na mnogim kartografskim prikazima primjenjuju se već dugo vrijeme neke signature u gotovo neizmjenjenom ili vrlo sličnom obliku. Ta je tradicionalnost vrlo pozitivno svojstvo signatura, jer predstavlja dio ostvarenih napora u normiranju kartografskih znakova na široj razini. Međutim, iako neki znak nema dugu tradiciju, ipak može biti općeprihvaćen. Primjer za to su signature primijenjene na izletničkim i planinarskim kartama te planovima

presented in their ground plans, and all the others as signatures, whose middle should, if it is possible, determine the position of the object. It is harder to achieve this by plain signatures than by geometrical.

- Spatial authentic representation that results when greater simplification of cartographic representation must be carried out, for example when certain object is not presented in its position, but it is reduced to relative surface, i.e. in representation by surface cartogram (Lovrić 1988, Hake et al. 2002).

7 Plainness

Plainness of cartographic visualization is achieved through formation of components of cartography that will first of all be symbolic and traditional, and hierarchically organized. Plainness is firstly achieved by selection of cartographic symbols, which are understandable to everyone even without special interpretation.

7.1 Symbolism

Symbolism is based on similarity with real, natural appearance of object or phenomena presented by elements of cartography or on functional characteristic of object that is picturesquely presented. Of all the elements of cartography, symbolism is the most characteristic for cartographic signs and colour.

Symbolism of signs greatly contributes to natural way of comprehension of map's content. By application of symbolic signs it is achieved that as little time as possible passes between the moment of observation of the map and complete reproduction in the mind of the observer. Map that links facts to notions through symbolism is always preferred.

It is very important that signatures that are used rarely, differently from those often used that are modelled in the simplest way, have a characteristic symbolic appearance. In point signatures, symbolism is achieved by shape (for example, symbol of bridge), by size (for example, bigger circle represents bigger settlement) and by the colour of sign (for example, signs of green colour for plants). Symbolism of linear signatures is achieved by the shape of the line (for example, special meandering of the stream), additional details (for example, signs for electrified railway), and by colour (for example, blue colour for water streams). Constantly usable communication is symbolically represented as an unbroken line, and sometimes usable or being built as a broken line.

Mnemonics is the facilitated remembering of meaning of the signature that greatly contributes to the value of cartographic representation. Signatures that look like or resemble in their appearance the presented object, or sample of surface signatures that reproduces ground plan structures or other important characteristics of an object are easy to memorize. These are, at the first place, plain or picturesque signatures, or signature and structural rasters, or the signatures presented by extremely nota-

ble colour. Research conducted has shown that most memorable forms are in orange-red, then red, green and violet colour, and blue shapes require the most time to be remembered, and they are the ones that get forgotten the fastest. Orange-red has showed on this test to be the colour that remains in the memory for the longest time.

7.2 Traditionalism

On many cartographic representations, there are certain signatures that have been used for a long time in an unchanged or very similar form. This traditionalism is a very positive feature of signatures, because it represents a part of achieved efforts in standardizing cartographic signs on greater scale. However, even if a certain symbol does not have a long tradition, it can still be widely accepted. Example for this are the signatures used on sightseeing and alpinist maps and on the maps of towns and tourist settlements that were made by the Institute for Cartography of Faculty of Geodesy, University of Zagreb.

There are rules for the use of colours on cartographic representations that were made stable and traditional through systematic application. In this way, only blue colour is used for the water and the objects connected with water. Other settled rules were not followed that strictly, so they vary from culture to culture. Following selection of colours is traditional for our area, for objects related to terrain:

- Green for areas covered with plants
- Brown for symbols of terrain shapes
- Yellow for areas of weak vegetation and without plants

Black and grey are traditionally used for a topographic base.

These several examples of traditionalism, which lead to standardization, show that a cartographer does not have complete freedom in every moment of selection and application of cartography. Besides, graphic variables and attributes assigned to them and series of factors that were declared as demands there can force a cartographer to follow certain conventions and norms. While doing this, one must be particularly careful for that not to result in a conflict between standardized signs and signs that need modelling following already mentioned demands.

7.3 Hierarchic organization

Hierarchic organization is necessary for the increment of plainness of cartographic representation. Thus it is necessary, for example on topographic maps for presentation of roads of different importance, e.g. of different hierarchical structure, to apply signatures that clearly show that kind of organization.

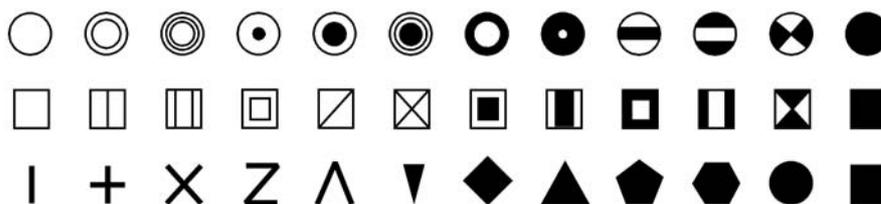


Fig. 6. Derivation of a family or series from basic form of geometrical symbol

Slika 6. Izvođenje porodice ili niza iz osnovnog oblika geometrijske signature

gradova i turističkih naselja koje je izrađivao Zavod za kartografiju Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Za upotrebu boja na kartografskim prikazima postoje pravila koja su sustavnom primjenom postala ustaljena i tradicionalna. Tako se za vode i objekte vezane uz vode upotrebljavala samo plava boja. Ostala ustaljena pravila nisu tako strogo poštovana pa variraju od kulture do kulture. Za naše je područje tradicionalan sljedeći izbor boja za objekte koji se odnose na zemljište:

- zelena za površine pod raslinjem,
- smeđa za simbole zemljišnih oblika,
- žuta za površine slabe vegetacije i bez raslinja.

Crna i siva tradicionalno se upotrebljavaju za topografsku osnovu.

Tih nekoliko primjera tradicionalnosti, koji pomalo vode normizaciji, pokazuju da kartograf nema u svakom trenutku potunu slobodu u izboru i primjeni kartografike. Uz to, grafičke varijable i njima pridružena obilježja te niz faktora koji su tu proglašeni zahtjevima mogu prisiljavati kartografa da slijedi određene konvencije i norme. Pritom treba osobito paziti da to ne rezultira sukobom između normiranih znakova i znakova koje treba oblikovati slijedeći već spomenute zahtjeve.

7.3. Hijerarhijska organiziranost

Za povećanje zornosti kartografske vizualizacije nužna je hijerarhijska organiziranost. Tako je npr. na topografskim kartama nužno za prikaz prometnica različite

važnosti, dakle različite hijerarhijske strukture, primijeniti signature koje zorno prikazuju takvo ustrojstvo.

Za pravilno shvaćanje kartografskog prikaza, tj. optimalnu funkciju takvog prikaza kao sredstva za prijenos informacija, potrebno je oblikovati signature slijedeći primjerenu organizacijsku strukturu. Korisnik kartografskog prikaza treba biti u mogućnosti spontano opaziti hijerarhijsku vizualnu organizaciju kartografike.

Stoga se radi hijerarhijske organiziranosti i lakšeg pamćenja značenja signatura izvodi porodica ili niz iz osnovnog oblika. Taj je osnovni oblik pridružen jednoj skupini istovrsnih objekata, a pojedinim različitim kategorijama tih objekata pridodane su signature izvedene iz tog osnovnog oblika. Osjetno je lakše izvoditi porodicu ili niz iz osnovnog oblika geometrijske nego iz zorne signatura.

Broj izvedenih signatura jedne porodice koje se mogu pouzdano razlikovati i jasno raspoznati na kartografskom prikazu naziva se duljina. U tablici 2 dan je pregled rezultata vlastitih praktičnih ispitivanja broja selektivnih stupnjeva pojedinih grafičkih varijabli s obzirom na osnovni geometrijsko-grafički element (Frangeš 1998).

8. Estetičnost

U kartografiji i likovnim umjetnostima upotrebljavaju se ista sredstva izražavanja. Umjetnička su djela, međutim, rezultat slobodnog, subjektivnog doživljavanja, a karta je najobjektivniji prikaz prostora u određenome mjerilu, i

Tablica 2. Pregled duljine pojedinih grafičkih varijabli s obzirom na osnovni geometrijsko-grafički element. Oznaka * upozorava da je takvo razlikovanje najmanje selektivno prema mogućnostima primjene drugih grafičkih varijabli.

Osnovni geometrijsko-grafički element	Grafičke varijable	Veličina	Tonska vrijednost	Uzorak	Boja	Smjer	Oblik
Točka		4–5	2–3 (+2)	2	3–6	4	–
Linija		4–5	3–4 (+2)	4	3–7	2	–
Površina		4–5	4–5 (+2)	5	3–7	6*	–

For proper understanding of cartographic representation, e.g. optimal function of that representation as the mean of transferring information, it is necessary to model signatures following appropriate organizational structure. A user of cartographic representation should be in position to spontaneously observe the hierarchical visual organization of cartography.

Thus, because of the reasons of hierarchic organization and because of easier remembering of meaning of signatures, family or the series is derived from the basic form. This basic form is joined to one set of objects of the same kind, and signatures derived from that basic form are added to individual different categories of these objects. It is clearly easier to derive a family or series from basic form of geometric rather than from clear signature.

The number of derived signatures of one family that we can reliably differentiate and clearly recognize on cartographic representation is called length. In Table 2, overview of results of my own practical examinations for a number of selective degrees of individual graphic variables in relation to basic geometrical-graphical element is given (Frangeš 1998).

70

8 Aesthetics

The same means are used for expression in cartography and visual arts. Works of art are, however, results of free, subjective impression, and a map is the most objective representation of space in a certain scale and with map graphics determined in advance. Digital technology, with all its advantages and disadvantages, joined here with the term of digital aesthetics.

Aesthetic components of visualization that increase applicable value of cartographic visualization are harmony or accord and beauty.

8.1 Harmony

Harmony in aesthetics is a fundamental constructive mark of beauty. It generally means harmony between parts of whole, which corresponds to certain aesthetic

demands. Harmony is situated between two opposites: monotony and contrast, and it combines features of both. Thus, it is the middle between two opposites. Harmony of drawing is not obligatory, but it is usually demanded because most civilized people are conservative to a certain extent and hence they presume harmony and not extremes. Monotony bores, and strong contrasts are too intensive, too easy to perceive and even naive.

Cartographic representation, as a sum of all graphical elements, should be harmonic. Harmony of cartographic representation is primarily achieved by harmonization of external and internal contents, then by harmony of proportions of points, lines and surfaces, by arrangement of colours which creates pleasure for the eye sense and gives aesthetic appearance to coloured cartographic representation, and by letters harmonized in shape, height and positioning.

At the same time, it is desirable to achieve visual balance inside the graphical order of the complete cartographic representation. Balance in graphic modelling is such a positioning of visual components that their order seems logical. Nothing seems set outside of its proper place. Visual balance depends on optical weight as well. For two signatures, whose drawings occupy the same area, we say that they have the same weights. However, though they have the same area, if they have different shapes, they do not have to seem equal. For these we say that they do not have the same optical weight. Needed conceptual accord is between the object and signature is achieved through selection and modelling of signatures of the corresponding optical weight. Thus, objects that basically have equal values should be cartographically represented in a way that they mutually differ, but that none of them dominates. Objects must seem as if the percentage of covering the surface by graphic pattern are the same or they at least have to have same tone value, i.e. really same percentage of covering of surface by graphic pattern, which is easier to achieve (Lovrić 1988).

In selection of colours on cartographic representation, one should know that if using just warm or just cold

Table 2. Overview of length of individual graphical variables according to basic geometrical-graphical element. Mark * warns that this kind of differentiation is the least selective towards possibilities of application of other graphic variables.

Basic geometrical graphical element \ Graphical variable	Size	Tone value	Pattern	Colour	Direction	Shape
Point	4-5	2-3 (+2)	2	3-6	4	-
Line	4-5	3-4 (+2)	4	3-7	2	-
Area	4-5	4-5 (+2)	5	3-7	6*	-

to s unaprijed određenom kartografikom. Digitalna tehnologija, sa svojim prednostima i nedostacima, priključila se tu s pojmom digitalna estetika.

Estetske komponente vizualizacije koje povećavaju upotrebnu vrijednost kartografske vizualizacije jesu harmoničnost ili sklad te ljepota.

8.1. Harmoničnost

Harmoničnost je u estetici temeljna konstruktivna oznaka ljepote. Ona općenito znači sklad dijelova cjeline, koji odgovara određenim estetskim zahtjevima. Harmoničnost se nalazi između dviju suprotnosti: monotonije i kontrasta, a kombinira obilježja obadvoga. Dakle, ona je sredina sastavljena od dviju suprotnosti. Harmoničnost crteža nije obvezna, ali se obično zahtijeva jer je većina civiliziranih ljudi donekle konzervativna i zbog toga pretpostavlja harmoničnost a ne krajnosti. Tako monotonija dosađuje, a jaki su kontrasti prežestoki, preočividni i čak naivni.

Kartografski prikaz, kao zbroj svih grafičkih elemenata, treba biti harmoničan. Harmoničnost kartografskog prikaza ostvaruje se u prvom redu usklađivanjem vanjskog i unutrašnjeg sadržaja, zatim skladom proporcija točkaka, linija i površina, poretkom boja koji stvara ugodnost osjetu vida i daje estetski izgled obojenom kartografskom prikazu, te usklađenim pismom po obliku, visini i smještaju.

Pritom je poželjno ostvariti vizualnu ravnotežu unutar grafičkog poretka cijeloga kartografskog prikaza. Ravnoteža u grafičkom oblikovanju je takvo uspostavljanje vizualnih komponenata da se njihov odnos čini logičnim. Ništa ne izgleda postavljeno izvan pravog mjesta. Vizualna ravnoteža također ovisi o optičkoj težini. Za dvije signature, crteži kojih zauzimaju istu površinu, kaže se da imaju iste težine. Međutim, iako imaju istu površinu, ako su različita oblika one ne moraju djelovati jednako. Za njih se kaže da nemaju istu optičku težinu. Potrebno pojmovno suglasje između objekta i signature postiže se izborom i oblikovanjem signatura odgovarajuće optičke težine. Dakle, objekte koji su u osnovi jednakovrijedni treba kartografski prikazati tako da se međusobno jasno razlikuju, a da pritom ni jedan ne dominira. Objekti moraju djelovati kao da je postotak pokrivanja površine grafičkim uzorkom isti ili moraju imati barem istu tonsku vrijednost, tj. zaista isti postotak pokrivanja površine grafičkim uzorkom, što je lakše izvedivo (Lovrić 1988).

Pri izboru boja na kartografskom prikazu treba znati da će upotrebom samo toplih ili samo hladnih boja taj prikaz izgledati monotono. Kako bi se to izbjeglo i izgled kartografskog prikaza učinio harmoničnim, treba pronaći ravnotežu između hladnih i toplih boja (MacEachren 1995).

Za ostvarenje harmoničnosti pisma na kartografskom prikazu treba znati da verzalna slova odišu određenom individualnošću te se usporava tijekom čitanja, a kurentna slova naprotiv nose u sebi klicu društvenosti i teže uzajamnom povezivanju.

Na kraju raspravljanja o harmoničnosti kartografske vizualizacije treba istaknuti da nesklad između njezinih pojedinih elemenata ne djeluje kao kontrast, već kao disharmonija ili u najblažem obliku kao monotonija.

8.2. Ljepota

Ako se za do sada navedene zahtjeve postavljene kartografskoj vizualizaciji i uvjete za njihovo ostvarenje, osim položajne točnosti, kaže da su teško mjerljivi i procjenjivi, onda se za ljepotu mora istaknuti da je ona u potpunosti subjektivan pojam. Nešto što je jednoj osobi lijepo, drugoj ne mora biti, i obrnuto. Ne postoji slučajno latinska sentencija: "O ljepoti bolje ne raspravljati!"

Prije je istaknuto da je karta u najvećoj mjeri objektivan prikaz prostora i da su slobode primjene kartografske vizualizacije ograničene, kako je vidljivo iz svih dosadašnjih zahtjeva. Ipak, jedan dio oblikovanja kartografske vizualizacije je subjektivan. Komponente kojima kartograf daje svoj subjektivan grafički izraz ljepote kartografske vizualizacije su simbolika i izbor boja te tipografija.

Simbolika je kreativna aktivnost svojstvena svakom kartografu posebno. Sastoji se u prikazivanju pojedinih objekata pojednostavnjenim simbolima koji trebaju asociirati na stvarne objekte u prirodi. Tu kartograf subjektivno oduzima ili dodaje, potiskuje ili naglašava neka karakteristična svojstva objekta. U svezi ljepote, izbor boja ovisi o individualnom osjećaju za odnose boja i nijansi. Slično je s ostvarenjem ljepote pisma na kartografskom prikazu, koja ovisi o oblicima, veličini i ostalim karakteristikama slova. Tipografija u velikoj mjeri utječe na ljepotu kartografske vizualizacije i općenito cijeloga kartografskog prikaza.

Lijepa kartografska vizualizacija u pravilu je jasna, a ako je nejasna to može čak koji puta biti i nakazno. Premda se jasnoća na određen način provlači kroz sve do sada spomenute zahtjeve postavljene kartografskoj vizualizaciji, u prvom redu kroz zahtjeve čitljivosti, preglednosti i zornosti, opet se o njoj može nešto reći i pri zahtjevu estetičnosti.

Jasnoća kartografske vizualizacije može se podijeliti na dva elementa:

- sadržajnu jasnoću, koja se ogleda u razumijevanju informacija koju vizualizacija prikazuje,
- grafičku jasnoću, koja je sastavljena od vizualnog raspoznavanja oblika i od vizualnog raspoznavanja pri smanjivanju istog oblika.

Sadržajna jasnoća najbolje se postiže upotrebom simboličkih signatura i boja. Međutim, to nije uvijek moguće, jer za simboličke signature treba na kartografskom prikazu znatno više slobodnog prostora, koji nije uvijek na raspolaganju. Također, nije uvijek ni moguće smisliti i oblikovati prikladnu simboličku signaturu. Stoga je kartograf prinuđen primjenjivati na kartografskom prikazu geometrijske i slovnobrojčane signature, koje su doduše jednostavnije i zauzimaju manje prostora u polju prikaza,

colours, the representation would look monotonous. In order to avoid this and to make appearance of cartographic representation harmonic, a proper balance between warm and cold colours should be found (MacEachren 1995).

To achieve harmony of letters on cartographic representation, one should know that uppercase letters have a note of certain individuality and they hinder flow of reading, while lowercase letters on the contrary have in themselves the seed of sociability and aspire to interconnecting.

At the end of this discussion of harmony of cartographic visualization, we should point out that discord between its individual parts does not act as contrast, but as disharmony or, in the mildest form, as monotony.

8.2 Beauty

If we said for so far stated demands set upon cartographic visualization and conditions for its fulfilment, except for positional accuracy, that they are hard to measure and evaluate, then we must emphasize beauty as a completely relative concept. Something that is beautiful for one person does not have to be so for another, and vice versa. It is not incidental that there is Latin sentence: "It is better not to discuss beauty!"

It was accented before that map is mostly on objective representation of space and that freedoms of application of cartographic visualization are limited, as it is noticeable from all the previous demands. Still, one part of modelling a cartographic visualization is subjective. Components to which cartographer gives his subjective graphic expression of beauty of cartographic visualization are symbolism, selection of colours and typography.

Symbolism is creative activity characteristic to each individual cartographer. It is composed of presenting individual objects by simplified symbols that should associate to real objects in nature. Here cartographer subjectively takes away or adds, suppresses or emphasizes some characteristic features of an object. In connection to beauty, selection of colours depends on individual feeling for the relation of colours and nuances. It is similar to achieving beauty of letters on a cartographic representation, which depends on shapes, sizes, and other characteristics of letters. Typography greatly influences the beauty of cartographic visualization and generally of whole cartographic representation.

Beautiful cartographic representation is usually clear, and if it is unclear it can sometimes even be unsightly. Though clearness in a way passes through every of the so far mentioned demands set upon cartographic visualization, primarily the demand of legibility, clearness and plainness, something can still be said about it concerning the demand of aesthetics.

Clearness of cartographic visualization can be divided into two elements:

- Content clearness, which can be seen in understanding information presented by the visualization
- Graphic clearness, which is made of visual recognition of shapes and visual recognition in diminishing the same shape.

Content clearness is best achieved through the use of symbolic signatures and colours. However, this is not always possible, because symbolic signatures require much more available space on cartographic representation, which is not always available. It is also not always possible to think of and model appropriate symbolic signature. Hence the cartographer is forced to apply geometrical and alphanumeric signatures on cartographic representation that are simpler and occupy less space in the field of representation, but demand additional explanations in symbols interpreter or cartographic key of symbols.

Achieving graphic clearness primarily demands simplicity of implementation, equality of elements, as few details as possible and simultaneous emphasizing of important details. All signatures have to maintain the principle of clearness and simplicity. Only a simple and to appropriate degree abstract symbol can scientifically enrich informative content of cartographic representation, and be beautiful at the same time.

To achieve clearness, in some cases the tendency is present to offer as many names as possible on a cartographic representation. This leads to name overload, which suppresses to the rest of the content the background, making the representation, quite opposite the initial intention, unclear. In a similar way, aspiration for graphic clearness can lead to another extreme, and make cartographic representation poor in names and making it to lose its informative value.

9 Instead of Conclusion

Although there are 5 demands set upon cartographic visualization, for fulfilling of which there are 13 conditions that should be met, one should know that on new forms of cartographic representations, made under the influence of the latest technologies and media and because of modern demands of users, further researches and tests are needed, especially in natural environment, discovering how useful special cartographic applications will be and what the conduct of users with them in everyday life is. Modern cartographic visualizations should be tested, adjusted and additionally developed through the use of techniques that are appropriate, taking into consideration all the possibilities and limitations of the Web-cartography, mobile cartography, telecartography, handheld GPS-devices, PDA-devices, mobile phones, etc.

ali zahtijevaju dodatna objašnjenja u tumaču znakova ili kartografskom ključu znakova.

Ostvarenje grafičke jasnoće zahtijeva u prvom redu jednostavnost izvedbe, jednakost elemenata, čim manje detalja te istodobno naglašavanje bitnih detalja. Sve signature moraju održati načelo jasnoće i jednostavnosti. Samo jednostavni i u primjerenom stupnju apstraktni simbol može znanstveno obogatiti informativni sadržaj kartografskog prikaza, a da pritom bude i lijep.

Za ostvarenje jasnoće u nekim se slučajevima želi na kartografskom prikazu ponuditi što veći broj imena. To dovodi do preopterećenja imenima, koja potiskuju u drugi plan ostali sadržaj i tako prikaz postaje, suprotno prvotnoj nakani, nejasan. Na sličan način može težnja za grafičkom jasnoćom odvesti u drugu krajnost, pa će kartografski prikaz postati siromašan nazivljem i tako izgubiti informativnu vrijednost.

9. Umjesto zaključka

Iako je kartografskoj vizualizaciji postavljeno 5 zahtjeva za zadovoljenje kojih treba ispuniti čak 13 uvjeta, treba znati da je na novim oblicima kartografskih prikaza, nastalim pod utjecajem novih tehnologija i medija te zbog suvremenih zahtjeva korisnika, potrebno provesti daljnja istraživanja i testiranja, posebno u prirodnom okruženju, uz otkrivanje koliko će biti korisne posebne kartografske aplikacije i kakvo je ponašanje korisnika s njima u svakodnevnom životu. Suvremene kartografske vizualizacije treba testirati, prilagoditi i dodatno razvijati upotrebom vizualizacijskih tehnika koje su primjerene uzimajući u obzir sve mogućnosti i ograničenja web-kartografije, mobilne kartografije, telekartografije, ručnih GPS-uređaja, PDA-uređaja, mobitela i dr.

References / Literatura

- Bertin, J. (1974): *Graphische Semiologie*. Walter de Gruyter, Berlin – New York.
- Card, S. K., MacKinley, J. D., Shneiderman, B. (1999): *Readings in information visualisation – Using vision to think*. Morgan Kaufman Publishers, San Francisco.
- Frančula, N. (2000): *Kartografska generalizacija*. Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Frangeš, S. (1998): *Grafika karte u digitalnoj kartografiji*. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Frangeš, S. (2000): *Minimalne veličine signatura kao uvjet čitljivosti karte*. *Geodetski list*, 2, 83-92.
- Frangeš, S., Lapaine, M., Poslončec-Petrić, V. (2000): *Current changes in cartographic visualisation*. *Proceedings, The 8th International Conference in Central Europe on Computer Graphics - Visualization and Interactive Digital Media 2000*, Plzen, 17-21.
- Frangeš, S., Frančula, N., Lapaine, M. (2002): *Budućnost kartografije – The Future of Cartography*. *Kartografija i Geoinformacije* 1, 6-21.
- Frangeš, S. (2005): *Kartografska vizualizacija*, www.geof.hr/kartogra/kart_viz.pdf
- Gartner, G. (2004): *Location Based Service & TeleCartography*, *Proceedings of the Symposium, Institute for Cartography and Geo-Media Techniques*, Vienna University of Technology.
- Guptill, S. C., Morrison, J. L. (1995): *Elements of Spatial Data Quality*. ICA Commission on Spatial Data Quality. Tutić, D., Lapaine, M. (prijevod na hrvatski, 1997): *Elementi kvalitete prostornih podataka*. Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Hake, G., Grünreich, D., Meng, L. (2002): *Kartographie – Visualisierung raum-zeitlicher Informationen*. Walter de Gruyter, Berlin, New York.
- Imhof, E. (1985): *Glanz und Elend der Kartographie*. *Internationales Jahrbuch für Kartographie*, XXV, 58-92.
- Kraak, M.-J., Ormeling, F. J. (2001): *Cartography, the Visualisation of Geospatial Data*, London, Addison Wesley Longman (www.cartographybook.com).
- Lovrić, P. (1988): *Opća kartografija*. Sveučilište u Zagrebu.
- MacEachren, A. M. (1994): *Visualization in Modern Cartography – Setting the Agenda*. U: MacEachren, A. M., Fraser Taylor, D. R. (urednici): *Visualization in Modern Cartography*. Pergamon, Greath Yarmouth, 1-12.
- MacEachren, A. M. (1995): *How maps work – Representation, visualization and design*. Guilford Press, New York.
- Malić, B. (1998): *Physiologische und technische Aspekte kartographischer Bildschirmvisualisierung*, Dissertation, Institut für Kartographie und Topographie der Universität Bonn.
- Peterca, M., Radošević, N., Milisavljević, S., Racetin, F. (1974): *Kartografija*. Vojnogeografski institut, Beograd.
- Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, J., Guptill, S. C. (1995): *Elements of Cartography*. New York, J. Wiley and Sons.
- Spieß, E. (1996): *Atraktive Karten – ein Plädoyer für gute Kartographik*. U: *Kartographie im Umbruch – neue Herausforderungen, neue Technologien*. Beiträge zum Kartographie-kongress Interlaken 96, *Kartographische Publikationsreihe* 14, Schweizerische Gesellschaft für Kartographie, 56-69.
- Taylor, D. R. F. (1994): *Perspectives on Visualization and Modern Cartography*. U: MacEachren, A. M., Fraser Taylor, D. R. (urednici): *Visualization in Modern Cartography*. Pergamon, Greath Yarmouth, 333-341.