

Review
Received: 26-08-2011
Accepted: 01-12-2011

A Method of Cartographic Visualization for Climate Change Maps

Nadka STOIMENOVA

University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Sofia, Bulgaria

nstoimenova@gmail.com

4

Abstract: *Maps are essential in climate change research. This paper considers examples of cartographic visualizations for different climate change characteristics. International map symbol systems used in climate change maps are analyzed. The aim of the paper is to demonstrate the need for a single symbol system for these maps. It is suggested that thematic elements in the contents of climate change maps be introduced. The need for a single, clear, consistent approach to designing symbols for presenting climate change theme is presented. The basic cartographic rules for the application of graphic variables are considered.*

Key words: *Climate change maps, climate change consequences, cartographic visualization*

impacts of climate change will enable an assessment of the vulnerability of socio-economic sectors and the environment to climate change, and this will lead to the implementation of specific measures for adapting to new conditions and mitigating the adverse impacts of change.

With the development of computer technology, cartographers have directed their attention to digital maps and atlases and computer animation. Professor Mark Harrower of the University of Wisconsin-Madison has been working on animated maps for many years. He says almost all types of maps can be animated, especially climate maps and maps of climate change. Animated maps, unlike static maps are an attractive way of displaying temporal changes in certain geographic processes (Harrower 2009).

Mapping climate change is an important and laborious process, aimed at presenting reliable information in answer to the needs of society. In the fourth report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), many graphs, charts and maps for visualizing the results of analyses of climate change were used (IPCC 2007).

In her research, Jean E. McKendry raises an important issue about the quality of climate change maps and how they affect important decisions on combating global warming. The evaluation of the maps used in the report reveals the challenges and opportunities of mapping (McKendry and Machlis 2008).

This paper examines some problems that arise in climate change mapping, due to the various types,

1. Introduction

Climate change is the most pervasive environmental challenge facing contemporary society. Among the many problems our planet faces today, global warming has become a red-hot topic throughout the world. Climate scientists have shown that the frequency of extreme weather events will increase as the planet's warming trend continues. Climate change maps are designed to stimulate interest in and concern for the impact of global climate change on the environment and society. The results of research increasingly depend on maps, both as tools of visualization and analysis, and instruments of policy and decision making. Good visualization of the forecast

Pregledni znanstveni rad

Primljeno: 26-08-2011.

Prihvaćeno: 01-12-2011.

Metoda kartografske vizualizacije na kartama klimatskih promjena

Nadka STOIMENOVA

Sveučilište za arhitekturu, građevinarstvo i geodeziju, Sofija, Bugarska

nstoimenova@gmail.com

5

Sažetak: Karte su nužne u istraživanjima klimatskih promjena. U radu se razmatraju primjeri kartografske vizualizacije različitih obilježja klimatskih promjena. Analizirani su međunarodni sustavi kartografskih znakova primijenjeni na kartama klimatskih promjena. Svrha rada je pokazati potrebu za jedinstvenim sustavom znakova na tim kartama. U radu se daje prijedlog za uvođenje tematskih elemenata u sadržaj karata klimatskih promjena. Prikazuje se potreba za jedinstvenim, jasnim i dosljednim pristupom oblikovanju kartografskih znakova za prikazivanje teme klimatskih promjena. Razmatraju se osnovna kartografska pravila za primjenu grafičkih varijabli.

Ključne riječi: karte klimatskih promjena, posljedice klimatskih promjena, kartografska vizualizacija

1. Uvod

Klimatske promjene su najprisutniji ekološki izazov koji se nameće suvremenim društvima. Osim mnogih problema s kojima se danas susreće naš planet, globalno zatopljenje postalo je goruća tema u cijelome svijetu. Znanstvenici koji se bave klimom predviđaju da će se s rastućim trendom zatopljenja povećavati i broj ekstremnih vremenskih nepogoda. Karta klimatskih promjena je osmišljena da potakne zanimanje i pozornost na utjecaj globalnih klimatskih promjena na okoliš i društvo. Rezultati istraživanja sve više ovise o kartama koje postaju sredstvo za vizualizaciju i analizu, instrumenti upravljanja i donošenja odluka. Dobra vizualizacija

prognozirano utjecaja klimatskih promjena omogućit će procjenu ranjivosti društveno-gospodarskih sektora i okoliša na klimatske promjene, što će dovesti do provedbe posebnih mjera prilagodbe na nove uvjete i do ublažavanja negativnih utjecaja tih promjena.

Razvojem računalne tehnologije pozornost kartografa usmjerena je na digitalne karte i atlase, te računalnu animaciju. Profesor Mark Harrower sa Sveučilišta Wisconsin u Madisonu radio je na animiranim kartama mnogo godina. Prema njemu gotovo sve vrste karata mogu biti animirane, a posebno klimatske karte i karte klimatskih promjena. Animirane karte, za razliku od statičkih karata, na atraktivan način prikazuju vremenske promjene u određenim geoprostornim procesima (Harrower, 2009).

Kartiranje klimatskih promjena je važan i zahtjevan proces, kojega je cilj prikazati pouzdane informacije o potrebama društva. U četvrtom izvješću Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) upotrijebljeni su mnogi grafovi, grafikoni i karte za vizualizaciju rezultata analize klimatskih promjena (IPCC 2007).

Jean E. McKendry u svojem istraživanju postavlja važno pitanje o kvaliteti karata klimatskih promjena i načinu na koji će one utjecati na važne odluke u borbi protiv globalnoga zatopljenja. Vrednovanje karata koje se koriste u izvješću otkriva izazove i mogućnosti kartografiranja (McKendry i Machlis 2008).

U ovome radu istražuju se neki od problema koji se javljaju pri kartiranju klimatskih promjena, a koji se

POJAVE / FINGERPRINTS	PRIJETNJE / HARBINGERS
 Toplinski udari i razdoblje neuobičajeno toplog vremena Heat waves and periods of unusually warm weather	 Širenje bolesti Spreading disease
 Zagrijavanje oceana, povećanje razine mora i poplave Ocean warming, sea-level rise and costal flooding	 Raniji dolazak proljeća Earlier spring arrival
 Topljenje glečera Glaciers melting	 Promjene u populaciji i opsegu biljnih i životinjskih vrsta Plant and animal range shifts and population changes
 Zagrijavanje Arktika i Antarktika Arctic and Antarctic warming	 Izbjeljivanje koraljnih grebena Coral reef bleaching
	 Pljuskovi, teške snježne oborine i poplave Downpours, heavy snowfalls and flooding
	 Suše i požari Droughts and fires

6

Fig. 1. Symbol system used in the map "The local consequences of global warming", Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2001 (URL 1)

Slika 1. Sustav znakova upotrijebljen na karti „Lokalne posljedice globalnog zatopljenja“, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2001 (URL1)

structure and classification of data provided by different organizations. The paper puts forward a proposal for introducing thematic elements to the contents of climate maps, with the aim of supporting decision-making in crisis situations. A description of climate change consequences forms the basis for developing strategies for sustainable development. The consequences of climate change may be devastating, if action is not taken to investigate and try to prevent them.

In the map design process, the map symbol specification stage is often unclear and users' choices of graphic signs may be unsuitable to their needs. Therefore, more attention should be paid to symbol design and choice of colours in the map design process.

The successful application of good map design is a necessary step in the development of climate change sciences. Cartographers should make proposals and take decisions on how to represent thematic information through graphic symbols, using optimal colours, sizes, shapes and typography. The cartographic techniques and requirements of the symbol system used, which allow the creation of high quality symbols for climate change maps, will be investigated in this paper.

2. User Needs

While climate information is a complex subject, it is important to communicate information to the public in a

neutral, straightforward way, without oversimplifying it. Maps are a good tool for this. They allow non-specialists to access and try to interpret information on climate change variables for themselves.

We can divide the users of these maps into several groups:

- Decision-makers, responding to events and coordinating work between different teams
- Specialists and consultants, giving advice on specific aspects and issues
- The general public
- Children, pupils and students
- Disabled people

Further types of classification can be made with respect to the underlying technology for providing information.

The use of maps is a key element in communication. Maps are effective in summarizing variable climate data, showing trends and highlighting potential climate environments in the future.

However there are significant barriers to the understanding of climate change maps and images by non-specialists. This paper highlights some of these problems, which need to be considered in order to facilitate more effective communication in the future.



Fig. 2. Symbol system used in the map "Climate destabilization", 2009 (URL 2)

Slika 2. Sustav znakova upotrijebljen na karti "Klimatske destabilizacije", 2009 (URL 2)

odnose na različite vrste, strukturu i podjelu podataka koje pružaju različite organizacije. U radu se daje prijedlog za uvođenje tematskih elemenata u sadržaj klimatskih karata s ciljem podrške pri donošenju odluka u kriznim situacijama. Opis posljedica nastalih zbog klimatskih promjena je osnova za razvoj strategije za održivi razvoj. Posljedice klimatskih promjena mogle bi biti poražavajuće ako se ne poduzmu odgovarajuće radnje za istraživanje i sprječavanje tih promjena.

U postupku oblikovanja karte, stupanj detaljnosti kartografskih znakova je često dvojbjen, a izbor grafičkih znakova može biti neprikladan s obzirom na potrebe korisnika. Stoga je potrebno posvetiti više pozornosti stupnju detaljnosti kartografskog znaka i izboru boja u postupku oblikovanja karata. Uspješna primjena dobro oblikovane karte je nužan korak u razvoju znanosti o klimatskim promjenama.

Kartografi trebaju predložiti i onda donijeti odluku o tome kako treba prikazivati tematske informacije s pomoću grafičkih znakova optimalne boje, veličine, oblika i tipografije. U ovome radu bit će istražene kartografske tehnike i zahtjevi na sustav kartografskih znakova koji omogućuju stvaranje kvalitetnih kartografskih znakova za upotrebu na kartama klimatskih promjena.

2. Potrebe korisnika

Budući da su klimatske informacije složenoga karaktera, važno je javnosti prenositi informacije na neutralan i izravan način, bez pretjeranog pojednostavnjivanja. Karte su dobro sredstvo za to jer omogućuju i nestručnjaku da samostalno prihvati i pokuša interpretirati informacije i varijable klimatskih promjena.

Korisnike tih karata možemo podijeliti u nekoliko skupina:

- donosioci odluka – odgovaraju na događaj i koordiniraju rad između različitih timova
- stručnjaci i konzultanti – daju savjete o određenim aspektima i pitanjima
- opća javnost
- djeca, učenici i studenti
- osobe s invaliditetom.

Dodatne vrste klasifikacija mogu se učiniti s obzirom na tehnologije za pružanje informacija. Upotreba karata je ključni dio te komunikacije. Karte mogu biti učinkovite za davanje pregleda podataka o klimatskim varijablama, pokazivanje trendova i isticanje mogućih budućih klima okoliša.

Međutim, nestručnjaci nailaze na značajne prepreke pri razumijevanju karata klimatskih promjena. U ovom radu istaknuti su neki od tih problema koje treba uzeti u obzir za učinkovitiju komunikaciju u budućnosti.

Važan aspekt dobre komunikacije s javnošću je u shvaćanju konteksta u kojem su informacije primljene. Većinu ljudi možemo svrstati u skupinu povremenih korisnika, čiji je interes za tehničke teme prolazan, te će njihovo vrijeme za bavljenje tim informacijama biti ograničeno. Razumijevanje znanstvenih informacija ovisi o određenim predznanjima o naravi informacija, načinu na koji su prikupljene, te o shemi kodiranja koja je upotrijebljena za njihov prikaz.

Informacije o klimi utječu na vrednovanje strategije za upravljanje resursima kroz pretpostavke ili obilježja o budućoj potencijalnoj temperaturi, oborinama,

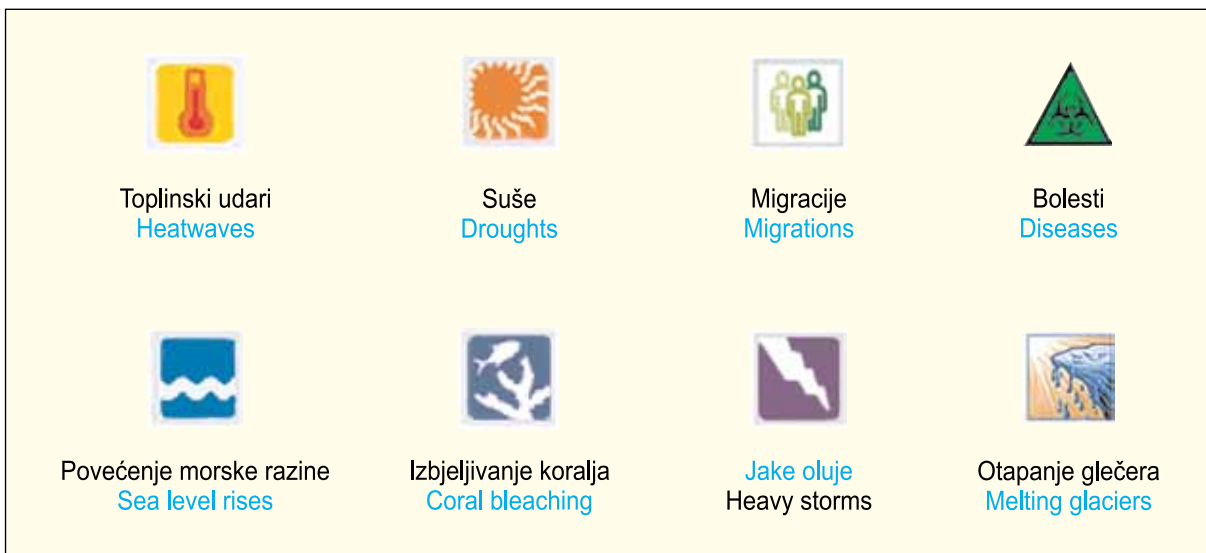


Fig. 3. Symbol system used in "Climate map", National Association of Radio Distress-Signalling and Infocommunications (URL 3)

Slika 3. Sustav znakova upotrijebljen na "Klimatskoj karti", National Association of Radio Distress-Signalling and Infocommunications (URL 3)

8

One important aspect of good communication with the public is an understanding of the context in which information is received. Most casual users who have a passing interest in technical topics will have limited time in which to pursue it. An understanding of scientific information depends on having some background knowledge of the type of information, the means by which it is gathered, and the coding scheme used to present it.

Climate information influences the evaluation of resource management strategies through hypothesising about or describing the characteristics of future potential temperature, precipitation, and runoff conditions, among other weather data. Improving the ability to forecast and use climate variability information will greatly enhance adaptation to climate change.

Research and monitoring are both needed to fill knowledge gaps and make progress in planning capabilities. Although neither will eliminate all uncertainties, they will provide significant improvements in understanding the effects of climate change, and in evaluating the associated uncertainties and risks, resulting in more informed decision making.

3. Standardization Attempts in the Visualization of Climate Change Mapping

3.1. International overview

The evidence of climate change includes heat-waves, rising sea-levels, flooding, melting glaciers, earlier spring

arrival, coral reef bleaching, and the spread of disease. These changes may be presented on maps using different kinds of visualization. There are many maps with a climate change theme. From a cartographic point of view, there is no standard practice or systematisation in the visualization of objects and phenomena. This section looks at some examples of symbol systems in climate maps, setting out their advantages and disadvantages. In this example (Fig.1), the author has appropriately classified local consequences in two categories: "fingerprints" and "harbingers".

Stylized images are used in this example, referring to an object or its properties.

The symbols used form a graphic whole, are associative and informative, but do not have the capacity to provide additional information. The symbol system is incomplete; some cartographic symbols combine features such as "drought and fires", and others, such as "food shortages" are missing.

Another example of a symbol system is examined in Fig. 2.

The meanings of some of the symbols used is unclear. The objects displayed graphically in the symbols showed on Fig. 2 are difficult to identify. It is hard to guess that the second symbol depicts a food shortage. The same symbol is usually used for restaurant locations.

An example of a poorly constructed symbol system is shown in Fig. 3. The symbols used are in different colours and have different shapes; as a group, these










									
Šumski požar Forest fire	Usjevi Crops	Voda Water	Povećanje razine mora Sea level rise	Podmorje Marine	Suša Drought	Permafrost Permafrost	Tropski cikloni Tropical cyclones	Ekstremne temp. Extreme temp.	Zdravlje Health

Fig. 4. Symbol system used in the map "Impact of an average 4°C rise in global temperature" (URL 4)

Slika 4. Sustav znakova upotrijebljen na karti "Utjecaj prosječnog porasta od 4°C u globalnoj temperaturi" (URL 4)

oborinskim vodama i ostalim informacijama o vremenu. Poboljšana sposobnost za predviđanje i upotrebu informacija o klimatskim promjenama umnogome bi unaprijedila prilagođavanje na klimatske promjene.

Kako bi se popunile rupe u znanju i ostvario napredak u planiranju, potrebna su daljnja istraživanja i nadgledanja. Iako se takvim pristupom neće eliminirati sve nepogode, osigurat će se znatan napredak u razumijevanju učinaka klimatskih promjena, te u procjeni nesigurnosti i rizika koje one donose, što će dovesti do veće informiranosti pri donošenju odluka.

3. Pokušaj standardizacije kartografske vizualizacije klimatskih promjena

3.1. Međunarodni pregled

Dokazi klimatskih promjena su toplinski udari, porast razine mora, poplave, otapanje ledenjaka, raniji dolazak proljeća, izbjeljivanje koraljnih grebena i širenje bolesti. Te se promjene mogu prikazati na kartama upotrebom različitih vrsta vizualizacije. Postoje mnoge karte na temu klimatskih promjena. S kartografskog stajališta, ne postoje standardi i uređenost u vizualizaciji objekata i fenomena. U ovom poglavlju dan je pregled nekih od primjera sustava znakova na klimatskim kartama, te su navedene njihove prednosti i nedostaci. U primjeru na slici 1 autor na odgovarajući način klasificira lokalne posljedice u dvije kategorije: pojave i prijetnje.

U tom primjeru korištene su stilizirane slike koje upućuju na objekt ili njegova svojstva. Korišteni znakovi čine grafičku cjelinu, asocijativni su i informativni, ali ne posjeduju kapacitet za pružanje dodatnih informacija. Znakovni sustav nije dovršen, neki kartografski znakovi poput suša i požar sažeti su u jedan znak, a neki znakovi nedostaju (poput znaka za nestašicu hrane). Drugi primjer sustava kartografskih znakova prikazan je na slici 2.

Neki od upotrijebljenih znakova imaju nejasno značenje. Na znakovima prikazanim na slici 2 ucrtane

grafičke objekte nije moguće identificirati. Teško je pretpostaviti da drugi znak na slici prikazuje nestašicu hrane. Takav znak obično se upotrebljava za lociranje restorana.

Primjer loše izgrađen sustava znakova prikazan je na slici 3. Kartografski znakovi prikazani su različitim bojama i oblikom, a znakovi unutar iste skupine ne posjeduju zajednički konstruktivni element, preklapaju se i nečitljivi su. Znakovi male veličine zahtijevaju upotrebu jednostavnih i jasnih simbola koji se mogu lako razumjeti.

Nova karta na Google Earthu pokazuje što će se dogoditi ako globalna temperatura poraste 4 °C iznad prosjeka. Na toj karti upotrijebljene su različite metode za vizualizaciju posljedica klimatskih promjena. Geometrijski znakovi su prikazani u tumaču znakova (vidi sliku 4), a mjesta udara označena su na karti šarenim krugovima. Iako karta pruža zanimljive informacije na nov način, potrebno je provesti testiranja na korisnicima kako bi se ocijenilo koliko je zaista komunikacija učinkovita, te daje li javnosti jasnu sliku o mogućim klimatskim promjenama.

Kartiranje klimatskih promjena je izazov za kartografe. Dobre rezultate moguće je postići uz primjenu dovoljno detaljne kartografske podloge u kombinaciji s odgovarajućom metodom slikovnog prikaza. Predloženi pristup kartiranja klimatskih posljedica utemeljen je na analizi. Cilj je kartu prilagoditi kognitivnim sposobnostima korisnika i skratiti vrijeme potrebno za interpretaciju informacija s karte. Važan čimbenik u istraživanjima o oblikovanju karte je utvrđivanje iskustva ispitanika pri testiranju. Razlikovanje između "stručnjaka" i "nestručnjaka" moglo bi otkriti značajne razlike u dizajnu karte s obzirom na potencijalne korisnike. Postupak izrade kartografskih znakova i izbor boja je složen problem. Iduće poglavlje bavi se specifikacijom kartografskih znakova na karti, jednim korakom u postupku oblikovanja karte.

3.2. Specifikacija kartografskih znakova

Naš istraživački rad usredotočit će se na izbor grafičkih znakova, kao glavnog problema koji je potrebno riješiti. Nadalje, cilj istraživanja je grafički prikazati korisničke podatke s pomoću odabranih grafičkih

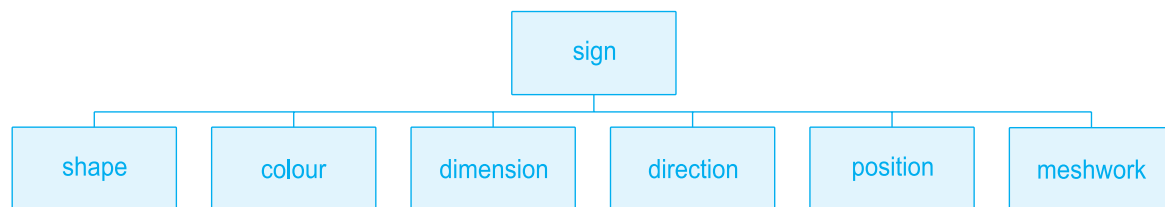


Fig. 5. Basic elements of a symbol (Zhang and Qi, 2008)

symbols have no common constructive element, they overlap each other and are illegible. If a small symbol size is chosen, the symbols must be simple, clear, and easily understood.

A new map on Google Earth shows what would happen if the average global temperature was 4°C higher than average. It uses different methods for visualizing the consequences of climate change. Geometric symbols are shown in the key (see Fig. 4), and places of impact are marked on the map by coloured circles. While the map provides interesting information in a novel way, it should be tested on users to assess how effective it is in actually communicating a clear picture of potential climate change to the public.

Mapping climate change is a challenge to cartographers. Good results can be achieved by the use of sufficiently detailed mapping bases, combined with an appropriate method of imaging. The proposed approach to mapping climate consequences is based on our analysis. The aim is to adapt a map to users' cognitive abilities and shorten the time necessary to extract the required information. An important consideration in map design research is to identify the level of the users' previous experience. Distinguishing between "experts" and "non-experts" may reveal significant differences in designs for different groups of potential users. Symbol specification and the choice of colours are complex issues. The next section deals with the stage of symbol specification during the map design process.

3.2. Map symbol specification

Our research work focuses on the main problem of choosing graphic symbols. It also aims at graphically presenting user data using graphic symbols, and evaluating and improving symbol specification, if necessary. Good symbol specification consists of appropriate associations between objects, symbols and meanings, which are both legible and understandable.

Vasilev and Bandrova (2009) have determined the general requirements of symbol design for navigational maps:

- 1) Legible – easy, fast symbol perception
- 2) Easily distinguished from other symbols

- 3) Mutually subordinate – fitting in well with other symbols in the key
- 4) Suggestive – the graphic symbol has the capacity to reflect a certain property of the object depicted
- 5) Informative – able to deliver additional information (if necessary)
- 6) Graphically complete – the graphic principles for forming a symbol are beyond question.

These general requirements can be attributed to symbol design for climate change maps.

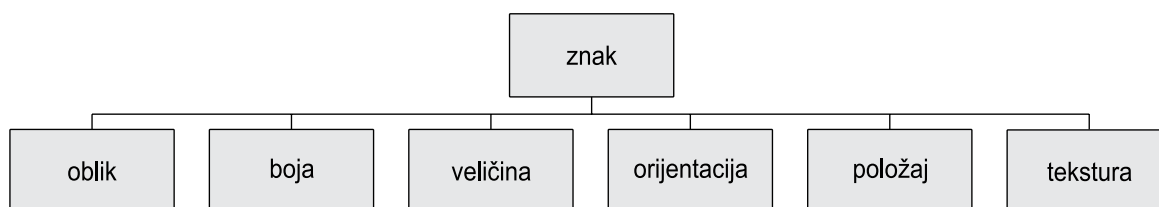
When designing a symbol system for a map, visual variables should be taken into account. This concept was introduced in 1967 by Bertin (1983), a famous French cartographer, who posited one of the first comprehensive theories on graphic variables and their uses. Visual variables can be defined as coloured graphics which include factors such as shape, colour, size, orientation, position and texture (Fig.5).

Variables are identified at different speeds by different people. Colour and brightness are perceived first. After that, shape and size can be determined. Shape has priority, because size is determined through correlation with other objects. The orientation and inner structure of objects are perceived last among all visual variables.

3.2.1. Shape specification

In order to design climate change map symbols, we must first choose a symbol's shape. The International Organization for Standardization provides an overall link between geometric form and meaning (Fig. 6).

In choosing the shape of symbols on climate maps, we must pay attention to the importance of geometric forms. One shape which is appropriate for these symbols is the triangle, which carries the meaning "warning". The main purpose of these maps is to warn of the consequences of climate change. Symbols must be integral. This means they have a clearly expressed geometric base, which is not confused by the specific elements used within it. This is best achieved by enclosing the symbol in a frame.



Slika 5. Osnovni elementi znaka (Zhang i Qi, 2008)

simbola, te vrednovati i poboljšati kartografske znakove ako to bude potrebno. Kvaliteta izrađenog znaka sastoji se od dobre povezanosti predmeta-znakova-značenja, lake čitljivosti i razumljivosti.

Vasiljev i Bandrova (2009) odredili su opće zahtjeve za oblikovanje znakova na navigacijskim kartama:

- 1) čitljivost – jednostavna i brza percepcija znaka
- 2) razlikovanje među drugim znakovima
- 3) međusobna podređenost – dobra usklađenost s ostalim znakovima u tumaču znakova
- 4) sugestivnost – sposobnost grafičkog znaka da odražava određeno svojstvo prikazanog objekta
- 5) informativnost – sposobnost da dostavi dodatne informacije (ako je potrebno)
- 6) grafička potpunost – grafički oblici koji čine znak nisu upitni.

Ti opći uvjeti mogu se primijeniti i na oblikovanje znakova za upotrebu na kartama klimatskih promjena.

Pri oblikovanju sustava kartografskih znakova treba uzeti u obzir značaj vizualnih varijabli. Takav način razmišljanja uveo je 1967. godine Bertin, znameniti francuski kartograf. Bertin (1983) je autor jedne od prvih sveobuhvatnih teorija o grafičkim varijablama i njihovoj upotrebi. Vizualne varijable mogu se definirati kao slike u boji i činjenice koje su obično oblik, boja, veličina, orijentacija, položaj i tekstura (slika 5).

Navedene varijable ljudi identificiraju različitim brzinom. Boju i svjetlinu doživljavaju najbrže. Tek nakon toga može se odrediti oblik i veličina. Oblik ima prioritet jer se veličina određuje u usporedbi s drugim predmetima. Orijehtacija objekta i unutarnja struktura među svim vizualnim varijablama shvaćaju se najsporije.

3.2.1. Specifikacija oblika

Za oblikovanje kartografskih znakova na kartama klimatskih promjena potrebno je najprije izabrati oblik znaka. Međunarodna organizacija za standardizaciju daje opću povezanost između geometrijskog oblika i njegova značenja (slika 6).




Geometrijski oblik Geometric form	Značenje Meaning
	Zabrana ili obavezno djelovanje Prohibition or mandatory action
	Upozorenje Warning
	Informacije (uključujući upute) Information (including instructions)

Fig. 6. Geometric form and meaning
ISO 3864 (URL 5)Slika 6. Geometrijski oblik i značenje
ISO 3864 (URL 5)

Pri izboru oblika kartografskog znaka za upotrebu na kartama klimatskih promjena, potrebno je obratiti pozornost na značenje koje se pridružuje određenom geometrijskom obliku. Odgovarajući oblik za takve kartografske znakove je trokut, koji ima značenje "upozorenje". Glavna je svrha takve karte upozoriti na posljedice klimatskih promjena. Znakovi moraju biti konstruktivno cjeloviti. To se odnosi na prisutnost jasno izraženoga geometrijskog središta bez sumnje o određenim upotrijebljenim konstruktivnim elementima. Najlakše se može postići zatvaranjem znaka u okvir.

3.2.2. Specifikacije boja

Željeli bismo se usredotočiti na kvalitetu odnosa objekt-boja-značenje na karti. Boje moraju biti prilagođene potrebama korisnika. U ISO 3864 dano je i opće značenje stupnja sigurnosti koje je pridruženo određenoj boji (slika 7).

Navedene boje široko se upotrebljavaju pri vizualizaciji rizika i katastrofa. Primjenom iste logike, različite boje moguće je koristiti za prikaz različite razine rizika. Boje prikazane na slici 8 predložio je UN i one su već u uporabi u nekim projektima, ali još nisu službeno prihvaćene.





Sigurnosna boja Safety colour	Značenje ili svrha Meaning or objective	Primjer upotrebe Examples of use
Crvena Red 	Stop / Stop Zabrana / Prohibition	Stop znakovi / Stop signs Interventni stop / Emergency stops Znakovi zabrane / Prohibition signs
	Ta boja također se koristi za prevenciju požara, protupožarnu opremu i njezinu lokaciju. This colour is also used for fire prevention and fire-fighting equipment and its location.	
Plava Blue 	Obavezna akcija Mandatory action	Obavezno nošenje osobne zaštitne opreme Obligation to wear personal protective equipment
Žuta Yellow 	Oprez, rizik od opasnosti Caution, risk of danger	Oznake opasnosti (požar, eksplozija, radijacija, opasnost trovanja, itd.), upozorenja za koračanje, slabi prolaz, prepreke. / Indication of dangers (fire, explosion, radiation, toxic hazard, etc.), warning for steps, low passages, obstacles.
Zelena Green 	Sigurno stanje Safe condition	Rute za bijeg / Escape routes Izlazi u slučaju nužde / Emergency exits Prva pomoć i stanica za spašavanja / First-aid and rescue stations

Fig. 7. Safety colours ISO 3864 (URL 5)

Slika 7. Sigurnosne boje ISO 3864 (URL 5)

3.2.2. Colour specification

We would like to focus on the quality of associations between objects, colours and meanings on maps. Colours should be adapted to users' needs. ISO 3864 provides general guidelines for colours assigned to safety designations (Fig.7).

These colours are used widely for the visualization of risks and disasters. Using the same logic, we may use different colours to show different risk levels. The colours shown in Figure 8 have been suggested by the UN and are already in use for some projects, but they have not yet been officially accepted.

Pursuant to these standards and proposals, we have used four colours (green, yellow, orange and red) for the background of our map symbols. These colours can be defined using the CMYK colour model for hard copy presentations (cyan, magenta, yellow and key (black)) and the RGB colour system (red, green, blue) for computer screen presentation

3.2.3. Size definition

The next visual variable is size. By using symbols of different sizes, qualitative and quantitative information

about the objects or phenomena presented can be given. Ease of symbol recognition diminishes with decreasing size and the increasing number of shapes. A map with only one or two symbols is easier to interpret.

3.2.4. Orientation

Orientation is used to depict cyclical quantitative attributes at certain points. It is best suited to vector fields, such as wind, gravity and magnetism. The map symbols used by meteorologists to denote wind direction and speed combine orientation and shape. A maximum of four (or eight) orientations can be recognized directly (Fig. 9).

3.2.5. Texture

Texture, or pattern, is a complex graphic variable, combining size, value, nuances of colour, shape and orientation. In the narrowest sense, texture or spacing refers to the spatial frequency of the components of a pattern. Texture can be used effectively to denote multiple phenomena in a single map, which would be confusing if represented by other variables alone.

3.2.6. Position

Location or position is inherent to the features on a map, and for this reason we will not discuss it further.

Hitnost Emergency	Stupanj uzbune Type of alarm level	Moguće vrijeme prije događaja Possible time before an eruption
Zelena / Green	Bez uzbune No alarm	Nekoliko godina Several years
Žuta / Yellow	Opreznost Vigilance	Jedna ili nekoliko godina One or several years
Narančasta / Orange	Pred uzbunu Pre alarm	Nekoliko mjeseci ili tjedana Several months or weeks
Crvena / Red	Uzbuna Alarm	Neposredno Immediate

Fig. 8. Example of risk variation visualization, UN ISDR Secretariat

Slika 8. Primjer vizualizacije varijacije rizika, UN ISDR Secretariat

Na temelju tih standarda i prijedloga upotrijebit ćemo četiri boje (zelena, žuta, narančasta i crvena) za pozadinu naših kartografskih znakova. Boje mogu biti definirane upotrebom sustava CMYK za prikaz na papiru (cijan, magenta, žuta, crna) i sustava RGB (crvena, zelena, plava) za prikaz na zaslonu računala.

3.2.3. Definiranje veličine

Sljedeća vizualna varijabla je veličina. Upotrebom znakova različitih veličina moguće je uputiti na kvalitativne i kvantitativne informacije prikazanog objekta ili fenomena. Prepoznatljivost znaka smanjuje se sa smanjenjem veličine oblika i povećanjem broja različitih oblika. Karti s jednim ili dva znaka je lakše interpretirati.

3.2.4. Orijentacija

Orijentacija se upotrebljava za prikazivanje cikličkih kvantitativnih atributa u točkama. Orijentacija je prikladna za prikazivanje polja vektora, kao što su vjetar, gravitacija i magnetizam. Kartografskim znakovima koriste se meteorolozi za označavanje smjera i brzine vjetra, te pritom kombiniraju orijentaciju s oblikom. Neposredno je

moguće prepoznati najviše četiri (ili osam) različitih orijentacija (slika 9).

3.2.5. Tekstura

Tekstura ili uzorak je složena grafička varijabla koja kombinira veličinu, vrijednost, nijansu boje, oblik i orijentaciju. U užoj definiciji, tekstura ili razmak odnosi se na prostornu frekvenciju komponenti uzorka. Tekstura se može učinkovito upotrebljavati za označavanje više fenomena na jednoj karti, čiji bi prikaz bilo kojom drugom varijablom bio zbunjujući.

3.2.6. Položaj

Mjesto ili položaj sadržan je u objektima na karti, i zbog toga neće biti detaljnije objašnjeno.

3.3. Dizajn

Svrha dizajna je privući pažnju korisnika. Dizajn je postupak odabira elemenata koje želimo prikazati na karti, te razmatranja na koji način svaki element treba primijeniti. Kartografsko oblikovanje snažno je vođeno potrebama korisnika i namjenom karte.

Kartografija će zadovoljiti potrebe za kartiranjem posljedica klimatskih promjena s pomoću moćnih alata za vizualizaciju prostornih podataka (Stoimenova i Bandrova, 2011). Glavna je svrha stvoriti sustav kartografskih znakova koji će biti neovisan o softveru. Za oblikovanje reprezentativnih kartografskih znakova za prikazivanje klimatskih promjena, analizirani su postojeći znakovi ugrađeni u neki od popularnih komercijalnih softvera poput ArcGIS-a, MapInfoa i AutoCAD-a. Upotreba poznatih kartografskih znakova skratit će vrijeme potrebno za izdvajanje relevantne informacije s karte. Kartografski

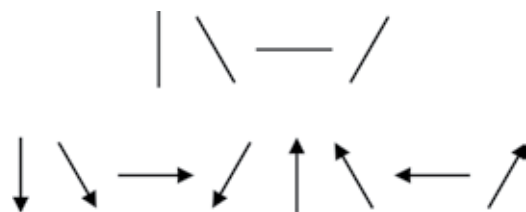


Fig. 9. Orientations

Slika 9. Orijentacije

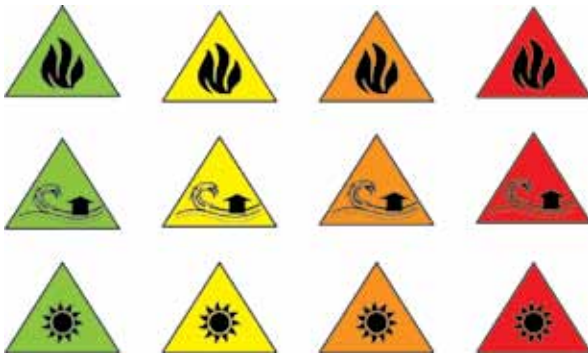


Fig. 10. New designed symbols for climate change mapping on based on the traditional symbols of natural disasters

Slika 10. Novooblikovani znakovi za kartiranje klimatskih promjena temeljeni na tradicionalnim znakovima za prirodne katastrofe

characters reduces the time needed to extract relevant information from a map. The symbol must be legible, understandable, and simply designed. For this purpose, Corel Draw software was used.

Some symbols, such as those for fires, floods and heat-waves, are fairly common and are also used on special maps for Early Warning and Crisis Management, while others, such as those for plant and animal shifts and population changes, earlier spring arrival and coral reef bleaching, are restricted to climate maps (Fig. 11). Traditionally approved symbols are easily perceived, because users are accustomed to them. We may therefore use existing symbols, if we adapt them for our purposes. The aim is to create an integrated symbol system for climate change maps.

Standardization in the creation of system symbols for climate change maps is a long process and involves various fields of science. This paper is only the first step and shows the developmental approach. Each symbol can be improved to make it clearer and more understandable for users consulting animated climate maps. Mapping climate change means mapping complex processes that occur in space and time. Visual cartographic animation should be used to enable visualization of time variables in thematic maps. Animated maps, unlike static maps, are an attractive way of showing temporal changes within certain geographic processes such as climate.

4. Conclusions, Remarks and Directions for Future Work

Up-to-date, accurate information plays a major role in responding efficiently to societal, environmental and economic challenges in our complex world. The aim of this paper is to provide background information and guidance on suitable techniques for mapping climate and climate change information. The results of the analysis of symbol systems in climate maps form a solid basis for further fundamental and applied research on implementing, updating and using a uniform symbol system for mapping the effects of climate change. Such a map symbol system requires the use of traditional symbol denotations with only a few elements that are easy to identify. Thus the proposed symbol system for mapping climate change consequences is associative, easily created and compatible with other software.

This article forms a basis for future work, including research into the role of colour in the design and recognition of map signs, which requires further clarification in order to finalize proposals. Further study is necessary regarding the possibility of incorporating the dynamic properties of certain objects and phenomena, taking into account their quantitative and qualitative characteristics.

14



Fig. 11. New designed symbols for climate change mapping

Slika 11. Novooblikovani znakovi za kartiranje klimatskih promjena

3.3 Design

The purpose of design is to attract the attention of the user. The design process includes selecting appropriate map elements and considering how they should be used. Map design is strongly influenced by the needs of map users and the purpose of the map. Cartography can satisfy the need to map climate change consequences using powerful tools for visualizing spatial data (Stoimenova and Bandrova 2011). The main objective is to create a symbol system independent of software. In order to design the most representative symbols to illustrate climate change, we have analyzed existing features in popular commercial software products such as ArcGIS, MapInfo and AutoCAD. The use of familiar

znak mora biti čitljiv i razumljiv, u jednostavnom grafičkom obliku. Za tu svrhu upotrijebljen je program Corel Draw.

Neki češće upotrebljavani znakovi, kao što su požar, poplava, toplinski val upotrebljavaju se na posebnim kartama u svrhu ranog upozoravanja i upravljanja kriznim situacijama. Drugi su znakovi, poput biljne i životinjske promjene i promjene populacije, raniji dolazak proljeća, izumiranje koraljnih grebena svojstveni klimatskim kartama (slika 11). Tradicionalno priznati znakovi lako se shvaćaju, jer su korisnici navikli na njih. Moguće je koristiti postojeće znakove, ali ih je potrebno prilagoditi našim potrebama. Cilj je stvoriti cjelovit sustav znakova za upotrebu na kartama klimatskih promjena.

Standardizacija u stvaranju sustava znakova za upotrebu na kartama klimatskih promjena dug je proces i obuhvaća različita područja znanosti. Ovdje prikazani rad samo je prvi korak i pokazuje razvojni postupak. Svaki znak može se poboljšati kako bi bio jasniji i razumljiviji pri upotrebi na animiranim klimatskim kartama. Kartiranje klimatskih promjena je kartiranje složenih procesa koji se javljaju u prostoru i vremenu. Za vizualizaciju vremenskih varijabli na tematskim kartama treba iskoristiti vizualne mogućnosti kartografskih animacija. Animirane karte, za razliku od statičkih karata, atraktivan su način za prikazivanje vremenskih promjena u određenim geografskim procesima kao što je klima.

4. Zaključci, primjedbe i smjernice za budući rad

Pravovremene i točne informacije igraju važnu ulogu u učinkovitu rješavanju društvenih, ekoloških i gospodarskih izazova u našem složenom svijetu. Cilj je ovoga rada pružiti dodatne informacije i smjernice za upotrebu tehnika pogodnih za kartiranje podataka o klimi i klimatskim promjenama. Rezultati analize sustava znakova na klimatskim kartama dobar su temelj za daljnja fundamentalna i primijenjena istraživanja o primjeni, ažuriranju i upotrebi jedinstvenog sustava znakova za kartiranje posljedica klimatskih promjena. Važan uvjet za sustav znakova na tim kartama je upotreba obilježja tradicionalnih znakova zajedno s nekoliko konstruktivnih elementa koji će pomoći u bržoj identifikaciji znakova. Stoga je predloženi sustav znakova za kartiranje posljedica klimatskih promjena asocijativan, lako ga je oblikovati i kompatibilan je s drugim softverima.

Ovaj članak je osnova za budući rad, a uključuje istraživanje o ulozi boje u oblikovanju i razumijevanju kartografskih znakova koje je potrebno detaljno razjasniti, a predložene ideje dovršiti. Potrebna su daljnja istraživanja o mogućnostima oblikovanja dinamičkih svojstava određenih objekata i pojava, uzimajući u obzir njihove kvantitativne i kvalitativne karakteristike.

References / Literatura

- Bertin, J. (1983): *Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps*. Madison: University of Wisconsin Press.
- Harrower, M. (2009): *Map Animation, Overview of Animated Maps: Learning from others*. University of Wisconsin-Madison.
- IPCC (2007): *Fourth Assessment Report – Climate Change*. Cambridge University Press. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch3s3-2-2.html
- ISO (2002): ISO 3864. Switzerland. <http://picto.dpri.kyoto-u.ac.jp/rule1.html>
- Konecny, M., Bandrova, T. (2006): Proposal for a Standard in Cartographic Visualization of Natural Risks and Disasters. *International Journal of Urban Sciences*, The University of Seoul, Vol. 10, No. 2, 130–139, ISSN: 1226-5934.
- McKendry, J. E., Machlis, G. E. (2009): Cartographic design and the quality of climate change maps, *Climatic Change*, Vol. 95, No. 1, 219-230.
- Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., Howard, H. H. (2009): *Thematic Cartography and Geovisualization*, Third edition, Prentice Hall, ISBN-10: 0132298341, ISBN-13: 9780132298346.
- Stoimenova, N., Bandrova, T. (2011): Mapping of climate change, *Geomedia*, No 4,5, 27–33, ISSN: 1313-3365
- Vasilev, S., Bandrova, T. (2009): The Specificities of the Symbol System for Navigation Maps. *ICA Symposium on Cartography for Central and Eastern Europe*. Vienna. CD Proceedings, 661–678,
- Zhang A., Qi Q. (2008): *Symbology in the Forest Fire Emergency Map*. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Beijing. Vol. 37. 457–461.

URL1: <http://www.climatehotmap.org>

URL2: <http://wattsupwiththat.com/2009/10/23/now-playing-at-a-museum-near-you-the-day-after-tomorrow-map/>

URL3: http://cc.rsoe.hu/?pageid=alertmap_index

URL4: <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20100623194820/http://www.actoncopenhagen.decc.gov.uk/content/en/embeds/flash/4-degrees-large-map-final>

URL5: <http://picto.dpri.kyoto-u.ac.jp/rule1.html>