

Four Persistent Research Questions in Cartography

Liqiu MENG

Chair of Cartography, Technical University of Munich, Arcisstr. 21, 80333 Munich, Germany
liqiu.meng@tum.de

Abstract. In recent decades, cartography has experienced a number of paradigm changes seen in refreshed research agendas and renewed education programs. Yet cartography remains the science, art and technology of making and using maps. This paper addresses four persistent research questions in cartography: 1) What is a map? 2) What are maps made for? 3) How are maps made? and 4) Who is making maps? Based on a retrospective analysis of cartographic advances since the introduction of the Internet in the early 1990s, the author gives an overview of evolution with regard to map types, map affordances, mapmaking workflows and the roles of mapmakers and map users. While some cartographic principles used since ancient times will continue to serve as anchor points for future development, ever-changing technological potentials and user requirements force us to maintain vitality with more and more innovative maps and map-based services. The author also appeals for a sustainable map creation ecosystem supported by cloud computing platforms.

Keywords: visual analysis; event map; visual story; mashups; open online mapping platform

1 Introduction

Cartography as an ancient, yet constantly renewed discipline has witnessed and profited from a number of technological revolutions, ranging from the invention of paper, printing, photography, and computers to the Internet, and has entered a new era of big data and artificial intelligence. While earlier revolutions accelerated map production processes and the spread of map information, today cartography itself has become an accelerator. With their inherently concise, synchronized display of geospatial information and location-based services, maps are highly efficient enablers of the exponential growth of big data.

Ancient maps were rare and not widely accessible. Many were hidden in caves, deserts or tombs. Each newly unearthed ancient map had the potential to rewrite the early chapters of human civilization. Today, maps are all-pervasive. As digital twins of the earth's surface they float in the cloud but are immediately accessible. Map-based news presents the newest chapter

of human civilization. People are kept informed of events in their living environment, but also allowed to anticipate what is going to happen in the near future. In spite of these radical changes, however, cartography remains a mixture of science, technology, the art of mapmaking and map use. Four persistent research questions recur: 'What is a map?' 'What are maps made for?' 'How are maps made?' and 'Who is making maps?'

2 What is a Map?

A map is usually regarded as a scaled-down model of the earth's surface projected onto a flat plane. Standard maps share a number of characteristics, such as a known mathematical transformation between geographic locations and map coordinates, a uniform principal map scale, generalized mapping contents, and abstract symbols. With the introduction of high performing computer graphics, Virtual Reality, 3D printing and other emerging media technologies in the last two decades, standard maps have been enhanced by new

Četiri vječna pitanja u istraživanjima o kartografiji

Liqu MENG

Katedra za kartografiju, Tehničko sveučilište u Münchenu, Arcisstr. 21, 80333 München, Njemačka
liqiu.meng@tum.de

Sažetak. U posljednjih nekoliko desetljeća kartografija je doživjela niz promjena paradigme koje su naznačene u osvježenom istraživanju i obnovljenim obrazovnim programima. Međutim, unatoč tim promjenama, kartografija ostaje znanost, vještina i tehnika izrađivanja i upotrebe karata. Ovaj se rad bavi četirima u kartografiji vječnim istraživačkim pitanjima: Što je karta? Čemu karte služe? Kako se karte izrađuju? Tko izrađuje karte? Na temelju retrospektivne analize napretka kartografije od uvođenja interneta početkom 1990. godine, autorica daje pregled razvoja u pogledu vrsta karata, svojstva karata, tijeka izrade karata i uloge izrađivača i korisnika karata. Iako neka kartografska načela još od davnih vremena i dalje služe kao sidrišta za budući razvoj, sve mijene tehnoloških mogućnosti i zahtjevi korisnika prisiljavaju nas da sačuvamo vitalnost predmetnog polja s inovativnijim kartama i uslugama temeljenim na karti. Štoviše, autorica poziva na održivi ekosustav stvaranja karata podržanih paradigmom računarstva u oblaku.

Ključne riječi: vizualna analiza, karta događaja, vizualna priča, mashup (kartografska kombinacija), otvorena online platforma za kartiranje

1. Uvod

Kartografija je drevna disciplina koja se neprestano obnavlja zahvaljujući mnogim tehnološkim revolucijama od proizvodnje papira, pronalaska tiska, fotografije, računala pa sve do interneta i novoga doba velikih podataka (*big data*) i umjetne inteligencije. Dok je svaka od prethodnih revolucija ubrzala proces stvaranja karata i širenje kartografskih informacija, kartografija je postala akcelerator u novom dobu. S inherentnom sposobnošću za sažeto i sinkronizirano prikazivanje geoprostornih informacija i bilo kakvih usluga temeljenih na lokaciji, karte su među najučinkovitijim omogućavateljima eksponencijalnog rasta velikih podataka.

Drevne su karte bile rijetke i teško dostupne. Mnoge od njih bile su skrivene u špiljama, pustinjama ili grobnicama. Svaka novootkrivena drevna karta može dati novo tumačenje prvog poglavlja ljudske civilizacije. Danas su karte sveprisutne. Kao digitalni blizanci Zemljine površine vise u oblacima, ali su odmah dostupne. Vijesti utemeljene na kartama svakodnevno osvježavaju

posljednje poglavlje ljudske civilizacije. Ljudi ne samo da su dobro informirani o tome što se dogodilo i događa u njihovu životnom okruženju, već mogu predvidjeti što će se dogoditi u najbližoj budućnosti. Međutim, unatoč tim radikalnim promjenama, kartografija ostaje mješavina znanosti, tehnologije i vještine izrade i upotrebe karata. Nastavit će nas intrigirati četirima vječnim pitanjima: Što je karta? Zašto se karte izrađuju? Kako se karte izrađuju? Tko izrađuje karte?

2. Što je karta?

Karta se obično smatra smanjenim modelom Zemljine površine projicirane u ravninu. Standardne karte imaju mnoge uobičajene karakteristike: poznatu matematičku transformaciju između geografskih lokacija i njihovih koordinata na karti, jedinstveno glavno mjerilo karte, generalizirani sadržaj i apstraktne znakove. Uvođenjem računalne grafike, virtualne stvarnosti, 3D tiska i drugih tehnologija u razvoju u posljednja dva desetljeća standardne karte poboljšane su mnogim novim

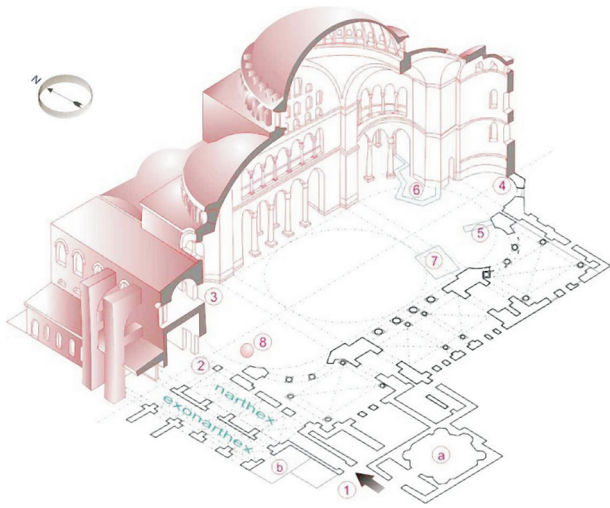


Fig. 1 (a,b) Maps in the broad sense: (a) the architectural structure of Hagia Sophia (hu.wikipedia); (b) a “horizonless projection” of Manhattan (<http://berglondon.com/products/hat/>)

Slika 1. (a,b) Karte u širem smislu: (a) Arhitektonska struktura Aje Sofije (hu.wikipedia); (b) Projekcija Manhattena “bez horizonta” (<http://berglondon.com/products/hat/>)



design and audiovisual variables. Meanwhile, a growing number of map-like presentations have been created and widely accepted (Hake et al. 2002, Kraak and Ormeling 2010). These new variants are no longer confined to conventional projections and abstract symbols. They allow multiple scales and dynamic presentation. In interactive mapping systems, standard maps and map-like presentations are often rendered side by side, one over another, or one after another. Two examples are shown in Figure 1. The one on the left illustrates a graceful combination of a 2D ground floor with a parallel perspective of the internal architectural structure of Hagia Sophia in Istanbul. The one on the right is a bird's eye view of Manhattan based on a horizonless projection.

The complementary use of standard maps and map-like presentations has effectively taken cartography to a much larger audience, to whom the term ‘maps’ means both. The following design styles of maps can be observed in practice.

(1) 3D city maps

3D city models are widely used in many disciplines related to urban planning and environmental sciences. Cartography is a discipline tasked with deriving 3D maps with different levels of detail from given city models. 3D maps can be further divided into two basic categories – photorealistic and non-photorealistic (Figure 2 and 3). The former focuses on reconstructing a

visual impression of city objects, strengthening the user's sense of immersion and engagement with real-world tasks. The latter gives visual accentuation to important features and semantic meaning to surface features without sacrificing the natural impression of 3D perspective.

(2) Personalized mobile map services

Mobile maps emerged from the synergy of mobile communication, the Internet and smartphones. They are lightweight like printed pocket maps, but provide real-time location-based services adapted to dynamically changing user tasks and information needs in mobile use environments. A theoretical framework for mobile cartography with the prototype implementation of personalized mobile map services was reported by Reichenbacher (2004).

(3) Anamorphic maps

The design of conventional maps follows the generally agreed principle of reducing as far as possible inevitable distortions caused by transferring the earth's 3D surface onto a flat 2D plane. This principle is intentionally ‘violated’ on anamorphic maps, where radical geometric distortions are used to preserve topological invariances and arouse the user's curiosity. Schematic cartograms of public transport networks and value-by-area thematic maps are popular examples of ana-



Fig. 2 A photorealistic 3D city model (left) and its non-photorealistic counterpart with visually accentuated landmarks (right) (Galander et al. 2007)

Slika 2. Fotorealistični 3D model grada (lijevo) i njegov nefotorealistični par s vizualno pojačanim stranicama i natpisima (desno) (Glander i dr. 2007)

moogućnostima dizajna i novim audiovizualnim varijablama (Hake i dr. 2002, Kraak i Ormeling 2010). Ti novi izrazi više nisu ograničeni na konvencionalne projekcije i apstraktne znakove. Omogućuju višestruka mjerila i dinamičko prikazivanje. U interaktivnim kartografskih sustavima, standardne karte i prikazi srodni kartama često se prikazuju jedni uz druge, jedni preko drugih ili jedni za drugima. Dva primjera prikazana su na slici 1. Primjer lijevo ilustrira gracioznu kombinaciju 2D prizemlja s paralelnom perspektivom unutarnje arhitektonske strukture Aja Sofije u Istanbulu, a onaj s desne strane je ptičji pogled na Manhattan na temelju projekcije bez horizonta.

Dopunska uporaba standardnih karata i prikaza srodnih kartama dala je kartografiji mnogo širu publiku. Stoga je nužno razumjeti kartu kao opći pojam koji označava i standardne karte i prikaze srodne kartama. U praksi se mogu promatrati sljedeći stilovi dizajna karata:

(1) 3D karte gradova

3D modeli gradova naširoko se koriste u mnogim disciplinama vezanima uz urbanističko planiranje i ekološke znanosti. Kartografija je među onim disciplinama koje trebaju izvesti 3D karte na različitim razinama pojedinosti iz danih modela gradova. 3D karte mogu se dalje podijeliti u dvije osnovne kategorije – fotorealistične i nefotorealistične karte, kako je prikazano na slikama 2 i 3. Prva se usredotočuje na rekonstrukciju vizualnog dojma temeljnih gradskih objekata, što može pojačati korisne osjećaje i angažman korisnika njihovim stvarnim zadaćama. Potonja nastoji vizualno naglasiti važne značajke i obogaćivanje površinskih značajki

semantičkim značenjima bez žrtvovanja prirodnog dojma 3D perspektive.

(2) Personalizirane usluge mobilnih karata

Mobilne su se karte pojavile kao sinergijski učinak mobilne komunikacije, interneta i pametnih telefona. One su lagano ponderirane kao tiskane džepne karte, ali mogu u stvarnom vremenu pružiti usluge temeljene na lokaciji, prilagođene dinamičnom mijenjanju korisničkih zadataka i informacijskih potreba u okruženjima upotrebe mobilnih uređaja. Teorijski okvir mobilne kartografije s prototipnom primjenom personaliziranih usluga mobilne karte dao je Reichenbacher (2004).

(3) Anamorfne karte

Dizajn konvencionalnih karata slijedi općeprihvaćeno načelo što je moguće više smanjiti neizbježne distorzije uzrokovane stiskanjem 3D Zemljine površine u 2D ravninu. To se načelo namjerno "krši" u anamorfni kartama za koje se koriste radikalne geometrijske distorzije kako bi se bolje očuvale topološke invarijante i pozvalo na korisničku znatiželju. Shematski kartogrami mreže javnog prijevoza i tematske karte koje prikazuju vrijednosti po područjima spadaju u popularne primjere anamorfni karata. Rase (2001) je proveo sustavnu analizu primjera anamorfni karata.

(4) Višeslojne slikovne karte

Slikovna karta (*image map*) obično se sastoji od pozadinske slike i preklapanja vektorskih znakova i imena mjesta. Relativno brzi proizvodni proces čini slikovne karte omiljenim alatom za vremenski kritične zadatke i

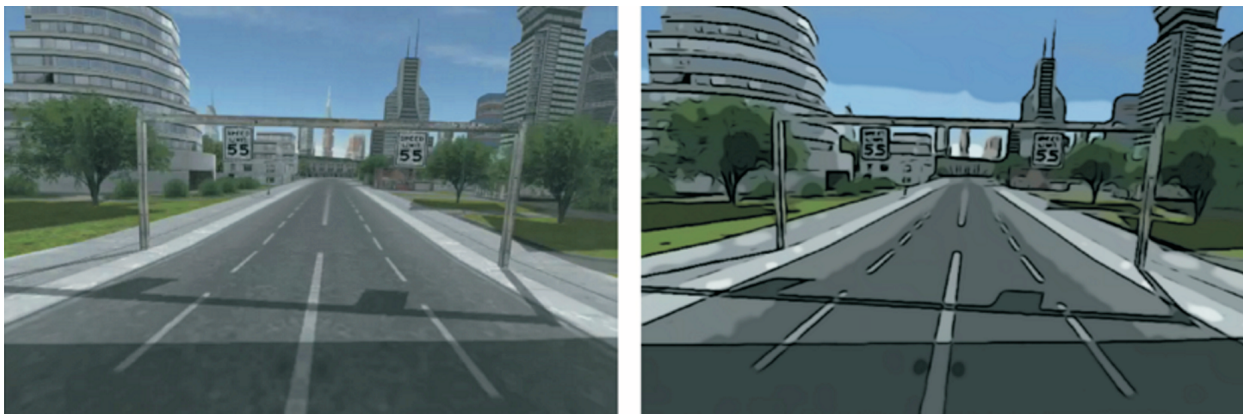


Fig. 3 A photorealistic street view (left) and its non-photorealistic counterpart with enhanced edges (right) (Jahnke 2013)

Slika 3. Fotorealistični izgled ulice (lijevo) i njegov nefotorealistični par s pojačanim stranicama (desno) (Jahnke 2013)

morphic maps. Rase (2001) conducted a systematic analysis of anamorphic map examples.

(4) Multilayered image maps

An image map is typically composed of a background image and an overlay of vector symbols and place names. A relative speedy production process means image maps are preferred for time-critical tasks, and a certain loss of graphic simplicity, consistency and legibility is seen as an acceptable tradeoff. With easier access to multimedia technologies and interactive operations, the figure-ground structure can be extended to accommodate multiple visual layers without inducing extra visual load. The image does not need to be kept in background, nor must the map symbols always stand out. Instead, raster and vector elements can be interpolated at more than two layers. Some highlighting design strategies are shown in Figure 4.

(5) Event maps and map-based visual stories

The availability of frequently updated geographic databases has enabled event detection. Events are significant changes in geospatial objects. Each event carries much more temporal and contextual information than a geo-referenced object. It can be described by time (when), location (where), changing pattern (how), people (who) and objects involved (what). Using the Open Event Editor extension from OpenStreetMap (OSM) which is one of the most successful and widespread crowdsourcing projects, Internet users can input, edit, search, display and share event contents with each other (Fig. 5). Events hidden in big data are essential ingredients of map-based visual stories (Madhavan et al. 2012). A story is “a thing that does” instead of “a thing that is” (Bucher 2018, p. 45). Map-based visual

stories reveal what geobjects are and how they evolve, evoking an emotional resonance in viewers, and prompting them to take action. Map-based open visual stories even allow users to change the order and speed of story flows at certain branch points, thus creating their own narratives based on their own evidence. For this reason, map-based open visual storytelling is more about discovering stories than storytelling.

3 What are Maps Made for?

Maps are made to serve various functions and support users in performing various spatial tasks. Depending on the usage context, maps may have the following affordances.

(1) Visual stimulus

Maps appear pervasively as eye-catching visual stimuli on television programs and public information screens. They are also printed on the surfaces of some consumer goods. Although their contents may be incomplete or quickly outdated, it is the artistic impression that counts. (Swienty 2008) conducted a series of experiments and put forward the “attention-guiding visualization” theory, according to which the visual salience of map symbols is designed to match the relative importance of the geobjects concerned. This allows users to capture the most significant information quickly.

(2) Travel mates

Although multimodal traffic networks in modern cities have substantially facilitated human mobility, it remains hard for urban dwellers to find their way in concrete jungles. Tourists and locals may easily get lost. In pre-digital times, travellers used to carry maps with

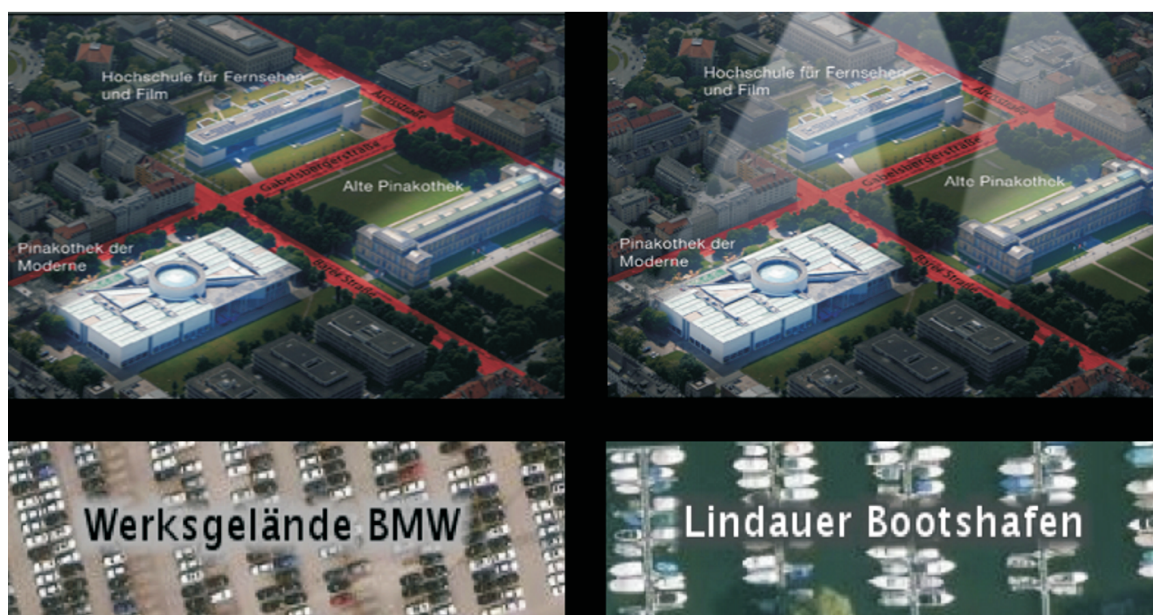


Fig.4 Multilayered image maps: (upper left) spotlight; (upper right) light beam; (lower left) and (lower right) black and white label with halo tone (Murphy 2015, Koley 2015)

Slika 4. Višeslojne slikovne karte: (gore lijevo) osvjetljenje, (gore desno) svjetlosni snop, (dolje lijevo) i (dolje desno) crno-bijeli natpis s halo tonom (Murphy 2015, Koley 2015)

prihvatljivim rješenjima unatoč određene degradacije grafičke jednostavnosti, dosljednosti i čitljivosti. Lakšim pristupom multimedijским tehnologijama i interaktivnim operacijama, struktura slike u pozadini može se proširiti kako bi se prilagodilo višestrukim vizualnim slojevima bez izazivanja dodatnog vizualnog opterećenja. Slika se ne mora čuvati u pozadini, niti se znakovi karte moraju istaknuti. Umjesto toga, rasterski i vektorski elementi mogu se isprepletati na više od dva sloja. Neke od naglašenih strategija dizajna prikazane su na slici 4.

(5) Karta događaja i vizualne priče temeljene na karti

Dostupnost često ažuriranih geografskih baza podataka omogućila je otkrivanje događaja. Događaji su značajne promjene geoprostornih objekata. Svaki događaj sa sobom nosi mnogo više vremenskih i tekstualnih informacija od georeferenciranog objekta. Može se opisati vremenom (kada), položajem (gdje), promjenom obrasca (kako), obuhvaćenim osobama (tko) i objektima (što). Upotrebom Open Event Editora proširenja OpenStreet-Mapa (OSM), jednim od najuspješnijih i najrasprostranjenijih mnoštvenih (*crowdsourcing*) projekata, korisnici interneta mogu unositi, uređivati, pretraživati, prikazivati i dijeliti događaje s drugima (slika 5). Događaji skriveni u velikim podacima bitan su dio vizualnih priča temeljenih na karti (Madhavan i dr. 2012). Priča je "stvar koja čini" umjesto "stvar koja jest" (Bucher 2018, str. 45). Vizualne priče temeljene na karti otkrivaju ne samo ono

što su geoobjekti, nego i način na koji se oni razvijaju, stvaraju emocionalnu rezonancu među gledateljima i potiču korisnike da poduzmu radnje. Otvorene vizualne priče temeljene na kartama omogućit će korisnicima da promijene redoslijed renderiranja i brzinu tokova priča na danim točkama grananja, te time, na temelju vlastitih dokaza, stvaraju vlastite pripovijesti. Zbog toga je otvorena vizualna priča temeljena na karti više otkrivanje priče, a manje pripovijedanje.

3. Zašto se izrađuju karte?

Karte se izrađuju kako bi služile različitim funkcijama i pomogle korisnicima pri rješavanju različitih prostornih zadataka. Ovisno o kontekstu korištenja, karte mogu imati sljedeće prednosti:

(1) Vizualni poticaj

Karte kao atraktivni vizualni podražaji pojavljuju se u televizijskim programima i na raznim javnim informacijskim ekranima. Također se tiskaju na površinama razne robe široke potrošnje. Iako njihov sadržaj može biti nepotpun ili brzo zastario, njihov je umjetnički dojam bezvremenski. Swienty (2008) je proveo niz eksperimenata i iznio teoriju "vizualizacija usmjerene pozornosti" prema kojoj je vizualna važnost znakova na karti dizajnirana tako da odgovara relativnoj važnosti temeljnih geoblika. To omogućuje korisnicima prikupljanje najznačajnijih informacija u ograničenom vremenu čitanja.

them for peace of mind. In this highly mobile digital age, maps with real-time positioning and navigation functions are preferred travel mates.

(3) Geoinformation containers and communicators

Maps are both containers and communicators of geoinformation. Unlike digital databases, where geospatial objects are typically stored as alpha-numerical codes, map contents result from value-adding processes including projection, generalization and artistic design, which allow for comfortable visual perception. The geoinformation in maps can be descriptive, diagnostic, predictive or prescriptive. Descriptive maps typically communicate aggregated information such as mean values, medians or distribution patterns for the purpose of informing users. Diagnostic maps focus on outliers, extreme values, gaps, breaking points and reasoning results such as the sites of frequent accidents, or concurrent phenomena for the purpose of alerting users. Predictive maps reveal change patterns of dynamic distribution and display potential future scenarios, including uncertainty values. They are often embedded in simulation or risk management systems, helping users to prepare for coming events. Finally, prescriptive maps provide alternative solutions to problems that have already occurred and rehearse these solutions step by step. They help decision makers to gain insights into challenges. Highly intelligent prescriptive maps are an integral component in systems for post-disaster management, multimodal navigation and emerging autonomous driving.

(4) Geodatabase open windows

Graphic variables of map symbols are used to visualize geographic features and indicate hyperlinks with databases or websites of external servers. The latter capability allows users to go beyond the boundary of the map sheet, sift through database contents, and explore map-related information in an open digital world. Although hyperlinks may lead to unknown arenas and raise some safety concerns, they can transform maps from self-contained systems to open portals.

(5) Visual analytical tools

The availability of big data means we can try to understand grand topics related to life on earth. However,

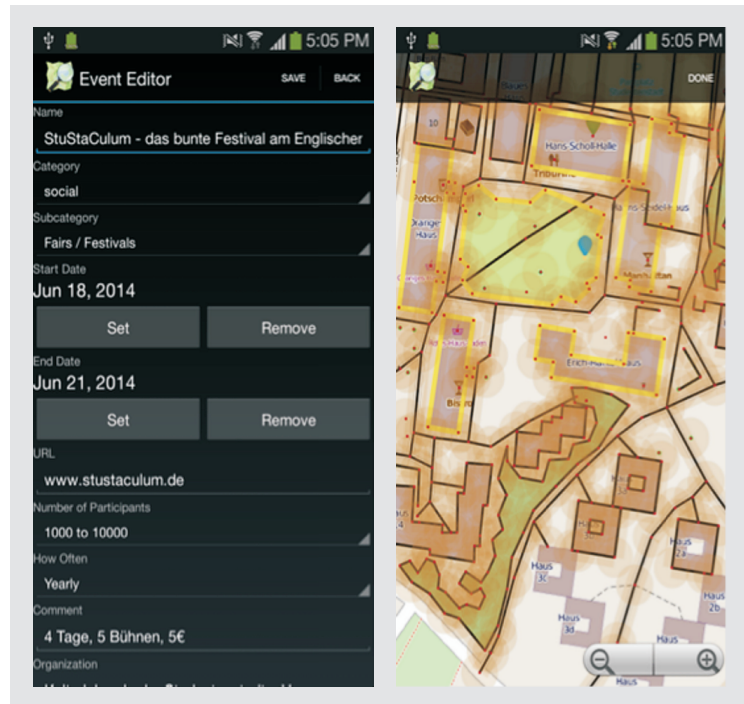


Fig. 5 Interface of an Open Event Editor (Polous 2016)
Slika 5. Sučelje jednog Open Event Editora (Polous 2016)

it also challenges both the cognitive capacity of the human brain and the computing capacity of the digital infrastructure. Visual analytics as a new discipline in cartography is a key technology in meeting the challenge by uniting the human brain and computer power. Maps which preview large datasets, highlight relevant datasets, and spatialise non-spatial data are ideal visual analytical tools. They can be enhanced with many interactive and analytical functions. Used with other interlinked graphic charts, they can help users to perform intuitive data exploration, create hypothetical input for, or verify hypothetical output from machine learning algorithms. Peters (2014) and Ding (2016) reported two case studies on the nowcasting of sensory lightning data (Figure 6) and knowledge discovery from the GPS trajectories of floating taxis (Figure 7).

(6) Reflectors of user behavior

While conveying geoinformation, maps can also observe users intrusively or non-intrusively. By means of tracking cookies, eye-tracking devices, electro-encephalograms (EEG), functional magnetic resonance images (fMRI) and other emerging sensors, users' interactive behavior during map use can be recorded in real time and analyzed to derive or improve user profiles and provide objective evidence for map evaluation. Using maps to unlock the 'black box' of map use has proved an

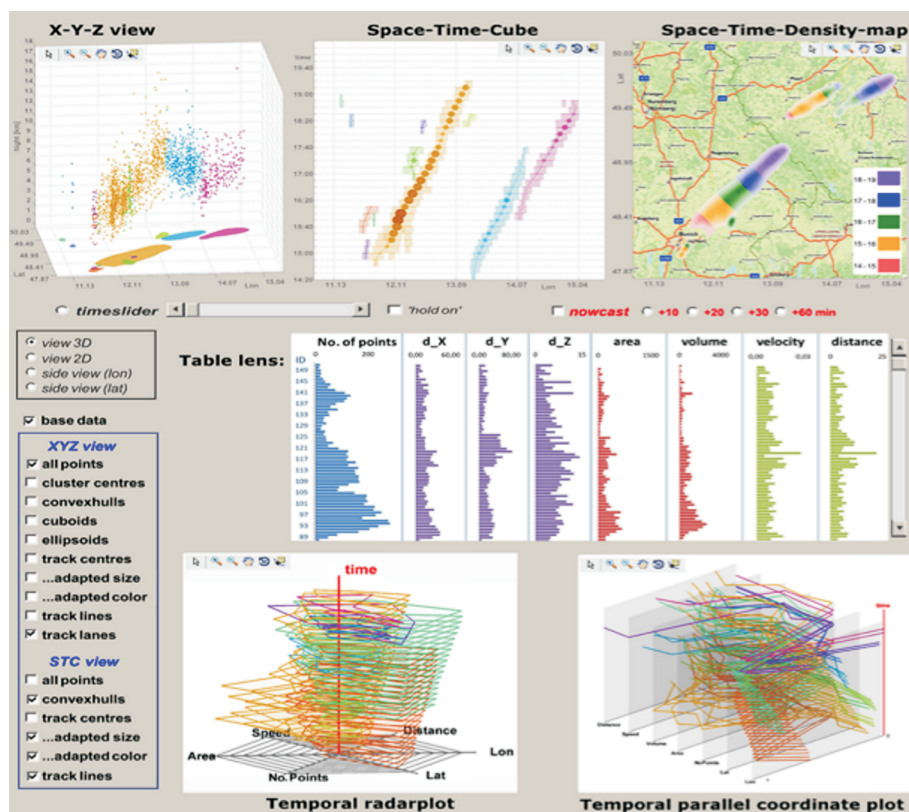


Fig. 6 Interface of a visual analytical system for the nowcast of lightning behavior (more details in Peters 2014)
Slika 6. Sučelje vizualnog analitičkog sustava za prognozu bliskog ponašanje munje (više detalja u (Peters 2014))

(2) Partner na putovanju

Iako su multimodalne prometne mreže u suvremenim gradovima znatno olakšale ljudsku pokretljivost, ostaje težak zadatak da se gradski stanovnici orijentiraju u džungli građevina. Ne samo turisti, već i domaći ljudi, mogu lako zalutati u prometnom labirintu svojih prevelikih prebivališta. U preddigitalno doba, putnici su obično nosili sa sobom karte koje su im služile za umirenje. U vrlo mobilno digitalno doba karte s funkcijama pozicioniranja i navigacije u stvarnom vremenu postale su povoljniji partneri na putovanju i karakteriziraju sveprisutnu kartografiju.

(3) Spremnik za geoinformacije i komunikator

Sve karte služe kao spremnik i komunikator geoinformacija. Razlikuju se od digitalnih baza podataka u kojima se geoprostorni objekti obično pohranjuju kao alfanumerički kodovi. Sadržaj karte rezultat je procesa dodavanja vrijednosti uključujući i projekciju, generalizaciju i umjetnički dizajn i omogućuje ugodnu vizualnu percepciju. Geoinformacije na kartama mogu biti opisne, dijagnostičke, predvidive ili propisane. Opisne karte obično komuniciraju skupne podatke kao što su prosječne vrijednosti, medijan ili oblik raspodjele u svrhu informiranja korisnika. Dijagnostičke karte usredotočene su na izuzetne vrijednosti (*outliers*), ekstremne vrijednosti, praznine, točke loma i rezultate zaključivanja kao što su mjesta čestih nesreća, pojave koje se pojavljuju sa svrhom

upozoravanja korisnika. Karte predviđanja nastoje otkriti promjene obrazaca dinamičkih distribucija i prikazati moguće buduće scenarije uključujući vrijednosti nesigurnosti. Često su ugrađene u simulacijske sustave ili sustave upravljanja rizikom i pomažu korisnicima da se pripreme za nadolazeće događaje. Konačno, karte koje propisuju pružaju alternativna rješenja za probleme koji su se već dogodili i uvježbavaju ta rješenja korak po korak. Na taj način pomažu donositeljima odluka da dobiju uvid u njihove izazove. Vrlo inteligentne karte koje propisuju sastavni su dio sustava za postkatastrofalno upravljanje, multimodalnu navigaciju i novu nadolazeću autonomnu vožnju.

(4) Otvoreni prozor baza podataka geoprostora

Grafičke varijable znakova na kartama koriste se ne samo za vizualizaciju geografskih značajki, već i za označavanje hiperveza s bazama podataka ili web-stranicama vanjskih poslužitelja. Ova potonja omogućava korisnicima da prijeđu ograničenje lista karte kako bi se slobodno pomicali kroz sadržaj baze podataka i istražili informacije povezane s kartama u otvorenom digitalnom svijetu. Iako hiperveze mogu dovesti do nepoznate arene i pojačati zabrinutost za sigurnost, one mogu prenijeti karte iz samostalnih sustava na otvorene portale.

(5) Vizualni analitički alat

Dostupnost velikih podataka idealan je preduvjet da ljudska bića razumiju velike teme vezane uz svoj

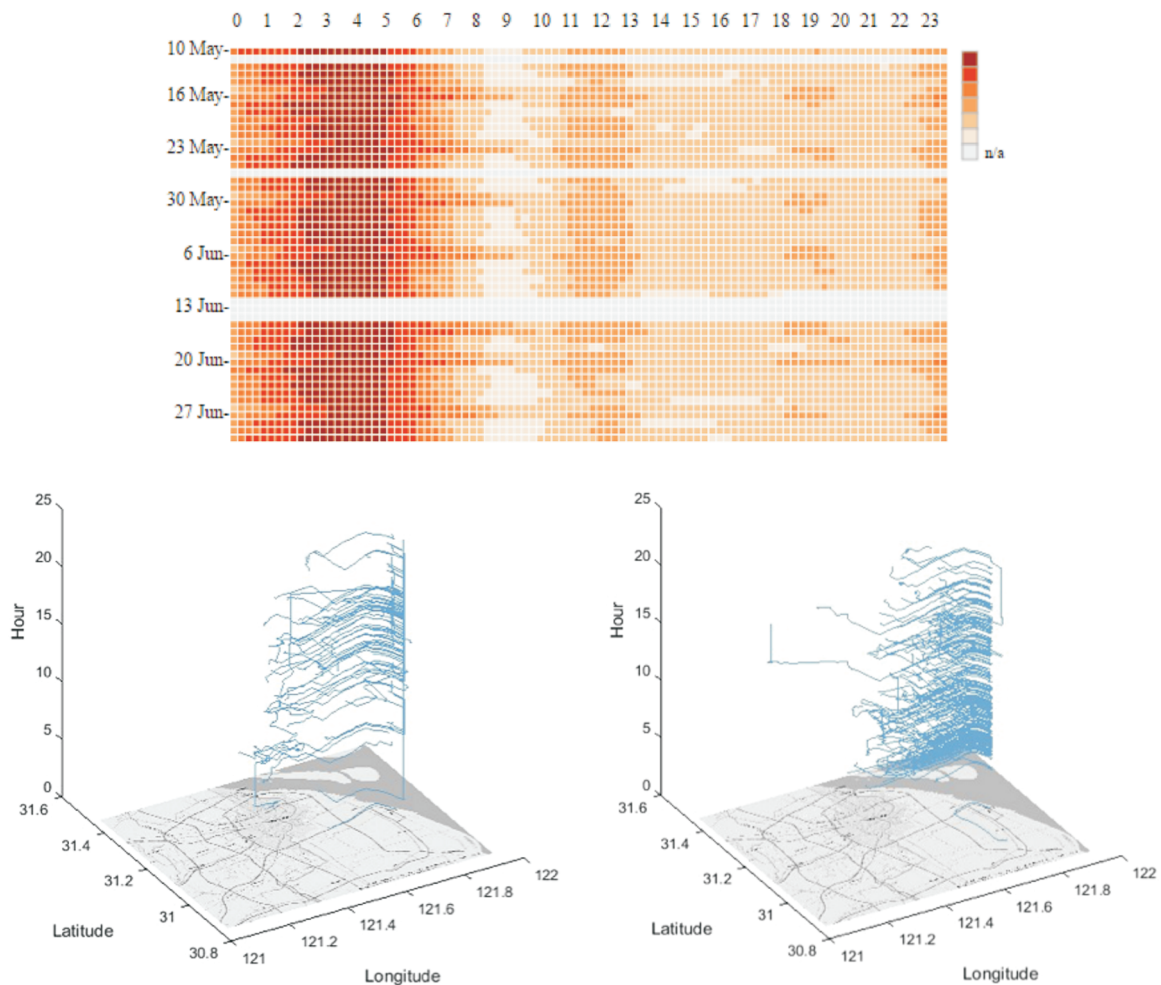


Fig.7 (a,b,c) Knowledge discovery from taxi trajectories: (a) quarterly stationary time of 2,000 taxis in Shanghai for more than 6 weeks - the longer the stationary time, the darker the color, and blanks mean missing data; (b) and (c) GPS trajectories without passengers to and from Pudong Airport on a certain day (data source: Tongji University), more details in (Ding 2016)

Slika 7.(a,b,c) Znanje otkriveno iz trajektorija taksija: (a) Tromjesečno stacionarno vrijeme 2000 taksija u Šangaju duže od 6 tjedana (duže stacionirano vrijeme, tamnija boja, praznine predstavljaju nedostajuće podatke); (b) i (c) GPS trajektoriji bez putnika do i od zračne luke Pudong na određeni dan (izvor podataka: Sveučilište Tongji), više detalja u (Ding 2016)

efficient method of enhancing the scientific value of cartography (Kiefer et al. 2017, Liu et al. 2017).

4 How are Maps Made?

Mapmaking is a process of understanding and reconstructing the real world. It comprises four essential assembly phases – data collection, data processing, map design and map output. Depending on the composition of these units, three distinct processes can be identified (Meng 2017).

(1) Coverage-oriented general mapping

The mass production of general maps that cover a whole country or larger regions and serve the general public are usually the responsibility of authorised

mapping agencies. The process follows the linear value-adding supply chain of assembly phases. The finished map's actuality is the same as its input data. The larger the map scale, the larger number of maps required for seamless coverage, hence a longer production cycle. This means the contents of newly-issued maps may be already outdated. So authorised mapping agencies must accelerate the process by raising the automation degree of map production and updating. Standardization of map symbols, automatic map generalization, and automatic name placement are some ongoing research topics.

(2) Theme-oriented mashup generation

Geospatial features or feature classes evolve at varying rates. Among topographic features, man-made roads and buildings typically change faster than natural



Fig.8 Integration of pedestrian roads (grey) from the Federal Agency of Cartography and Geodesy in Germany and motorways from HERE (brown): urban area (up), rural area (down) (Zhang et al. 2016)

Slika 8. Integracija pješačkih cesta (sive) Federalne agencije za kartografiju i geodeziju u Njemačkoj i autocesta HERE-a (smeđa): urbano područje (gore), ruralno područje (dolje) (Zhang i dr. 2016)

zemaljski život. Međutim, u isto vrijeme oni izazivaju i kognitivni kapacitet ljudskog mozga i računalnu sposobnost digitalne infrastrukture. Vizualna analitika, kao mlada disciplina u kartografiji, jedna je od ključnih tehnologija s ciljem olakšavanja izazova udruživanjem ljudskog mozga i moći računala. Karte koje imaju inherentnu sposobnost prikazivanja velikih skupova podataka, isticanja relevantnih skupova podataka i postavljanja neprostornih podataka u prostor idealni su vizualni analitički alati. One mogu biti osnažene mnogim interaktivnim i analitičkim funkcijama. Zajedno s mnogim drugim međusobno povezanim grafikonima, one mogu pomoći korisnicima u intuitivnom istraživanju podataka, stvarati hipotetički ulaz ili provjeriti hipotetski izlaz iz algoritama strojnog učenja. Peters (2014) i Ding (2016) izvijestili su o dvjema studijama

slučaja prognoziranja podataka senzora munje (slika 6) i otkrivanja znanja iz GPS trajektorija taksija (slika 7).

(6) Odras ponašanja korisnika

Uz istodobno prenošenje geoinformacija korisnicima, karte mogu i promatrati korisnike (nametljivo ili nenametljivo). Praćenjem kolačića, uređaja za praćenje očiju, elektroencefalograma (EEG), funkcionalne magnetske rezonancije (fMRI) i mnogih drugih senzora u nastajanju, interaktivno ponašanje korisnika tijekom korištenja karte može se snimiti u stvarnom vremenu i analizirati kako bi se izvelo ili poboljšalo korisničke profile i pružilo objektivne dokaze za procjenu karata. Upotreba karata za otključavanje crne kutije dokazuje učinkovit način povećanja znanstvene vrijednosti kartografije (Kiefer i dr. 2017, Liu i dr. 2017).

4. Kako se izrađuju karte?

Izrada karata je proces razumijevanja i rekonstrukcije stvarnoga svijeta. Sastoji se od četiriju osnovnih dijelova – prikupljanja podataka, obrade podataka, izrade karata i izlaza karte (*map output*). Ovisno o sastavu tih dijelova, mogu se identificirati tri različita postupka (Meng 2017).

(1) Opće kartiranje usmjereno na pokrivenost

Masovna proizvodnja općih karata koje neprekidno pokrivaju cijelu zemlju ili čak veće regije i služe široj javnosti obično su odgovornost mjerodavnih agencija za kartiranje. Postupak slijedi linearno dodanu vrijednost u lancu gore navedenih dijelova. Aktualnost konačne karte jednaka je njezinim ulaznim podacima. Što je veće mjerilo karte, veći je broj listova potreban za neprekidnu pokrivenost, dakle duži je proizvodni ciklus. To znači da sadržaj svježih izdanih karata može biti već zastario. Mjerodavne agencije za kartiranje stoga moraju ubrzati kartiranje što je više moguće podizanjem stupnja automatizacije proizvodnje i ažuriranja karata. Standardizacija znakova na kartama, automatiziranje kartografske generalizacije i automatsko postavljanje imena neke su od dugovječnijih istraživačkih tema.

(2) Generiranje mashupa orijentirano po temama

Geoprostorne značajke ili klase značajki razvijaju se različitim brzinama. Među topografskim značajkama, ceste i građevine koje su izradili ljudi obično se mijenjaju brže od prirodnih rijeka i planina. Još širi raspon dinamike otkrivaju tematske značajke. Velika raznolikost senzorskih uređaja za istraživanja na daljinu ili blizinu omogućila je uhvatiti vrlo dinamične informacije kao što su prometni tokovi i vremenski uvjeti, što je potaknulo stvaranje takozvanih mashupa. Jednostavni mashup



Fig.9 The matching result of trajectories of 70 taxis in Shanghai (red) on a certain day with OSM (green) using L1 Conditional Random Fields (L1-CRF) algorithm, trajectory data source: Tongji University, more details in (Yang 2016)

Slika 9. Usporedba putanja 70 taksija u Šangaju (crveno) u određeni dan s OSM-om (zeleno) upotrebom algoritma L1 uvjetnoga slučajnog polja (L1-CRF), izvor podataka putanja: Sveučilište Tongji, više detalja u (Yang 2016)

rivers and mountains. Thematic features reveal an even broader range of dynamics. A variety of near- and remote-sensing devices have made it possible to capture extremely dynamic information such as traffic flows and weather conditions, and this has triggered the creation of ‘mashups’. A simple mashup is composed of two parallel value-adding chains, one for the creation of a base map and the other for the thematic overlay, and their integration. While the base map remains relatively stable for a long time, the thematic layer is refreshed more frequently and irregularly, whether seasonally, monthly, daily or even hourly. The integration of multi-source data is a decisive factor that influences the quality of mashups. Figure 8 shows a case study on the integration of pedestrian roads from an authorised mapping agency and motorways from a commercial vendor for the creation of multimodal navigation services. Figure 9 shows matching results between GPS trajectories from floating cars and an OSM road network.

(3) Incremental hotspot mapping

All locations on the Earth’s surface are geometrically equivalent, with each uniquely described by its spatiotemporal coordinates. However, their meanings to human beings are not equivalent. Some are more relevant or important than others. Locations that draw great attention are called hotspots. Some are *a priori* hotspots, for example capital cities, while, some emerge during or after a sensational event. Hotspot maps are typically created by positioning hotspots on a reference map and labeling them with geo-tags. Unlike the two preceding

mapping processes following autarkic thinking from fixed data input to output, the caption of hotspots and their mapping are synchronized. In other words, hotspot maps are incrementally refreshed with incoming data streams. They are constantly evolving and never complete. The research challenges for hotspot mapping include the maintenance of an open platform for parallel data collection and handling as well as cloud computing, deep learning of hotspots and their social impact, and automatic resolution of the clutter effects of too many hotspots. More than ever before, cartographers need multidisciplinary collaboration to meet these challenges.

5 Who is Making Maps?

Different mapping processes reflect different relationships between mapmakers and map users. Professional cartographers are responsible for general mapmaking. Information communication between mapmakers and map users is mainly a one-way street, i.e. mapmakers send information to users. The generation of mashups is the joint responsibility of professional cartographers (e.g. for the base map) and map users who are usually domain specialists (e.g. for thematic layers). With wide-ranging interactivity, whether viewing, querying, editing, or analyzing, along with ready-to-use visualization tools, users can shuffle thematic layers, explore the relationships between map symbols in the same or different layers, and gather new knowledge. Finally, the boundary between mapmakers and

sastoji se od dvaju paralelnih lanaca dodanih vrijednosti, jednoga za izradu osnovne karte, a drugoga za tematski sloj i njihovu integraciju. Dok temeljna karta dugo ostaje relativno stabilna, tematski se sloj osvježava češće i nepravilno, sezonski, mjesečno, dnevno ili čak svaki sat. Integracija podataka iz više izvora odlučujući je preduvjet koji utječe na kvalitetu mashupa. Slika 8 prikazuje studiju slučaja o integraciji pješačkih putova službene agencije za kartiranje i autocesta komercijalnog dobavljača za stvaranje multimodalnih navigacijskih usluga. Slika 9 prikazuje usporedbu GPS putanja automobila i cestovne mreže OSM-a.

(3) Postupno kartiranje posebnih mjesta

Sve su lokacije na Zemljinoj površini geometrijski ekvivalentne, pri čemu je svaka od njih jedinstveno opisana svojim prostorno-vremenskim koordinatama. Međutim, njihovi odnosi prema ljudima nisu ekvivalentni. Neki se čine relevantnijima ili važnijima od drugih. Mjesta koja privlače našu intenzivnu pozornost su posebna mjesta (*hotspots*). Postoje a priori posebna mjesta, npr. glavni grad neke zemlje. Posebna mjesta nastaju tijekom ili nakon nekog senzacionalnog događaja. Karte posebnih mjesta obično se izrađuju postavljanjem posebnih mjesta točaka na referentnoj karti i njihovim označavanjem. Za razliku od dvaju prethodnih procesa kartiranja koji slijede autarkično razmišljanje s fiksnim unosom i iznosom podataka, opis posebnih mjesta i njihovo kartiranje je sinkronizirano. To znači da se ulazom novih podataka karte posebnih mjesta postupno osvježavaju. One se uvijek razvijaju i nikada ne završavaju. Istraživački izazovi za kartiranje posebnih mjesta uključuju održavanje otvorene platforme za paralelno prikupljanje i rukovanje podacima, kao i računanje u oblacima, dubinsko proučavanje posebnih mjesta i njihovih društvenih utjecaja, automatsko rješavanje preklapanja prevelikog broja posebnih mjesta. Kartografima je više nego ikad prije potrebna multidisciplinarna suradnja kako bi izašli nakraj s tim izazovima.

5. Tko izrađuje karte?

Različiti postupci kartiranja odražavaju različite veze između onih koji izrađuju karte i onih koji se njima koriste. Stručnjaci za kartografiju odgovorni su za opću izradu karata. Informacijska komunikacija između onih koji izrađuju karte i onih koji se njima koriste uglavnom je jednosmjerna, tj. oni koji izrađuju karte aktivno šalju informacije korisnicima kao pasivnim primateljima. Generiranje mashupova zajednička je odgovornost profesionalnih kartografa (npr. za temeljnu kartu) i korisnika karte koji su obično stručnjaci za domenu (npr. za tematske slojeve).

Opsežnom interaktivnošću koja se proteže od pregledavanja, pretraživanja do uređivanja i analiziranja, kao i raspoloživosti alata za vizualizaciju spremnih za upotrebu, korisnici imaju slobodu miješanja tematskih slojeva, istraživanja odnosa između različitih znakova na karti iz istog sloja ili različitih slojeva ali i izvođenja novoga znanja. Konačno, granica između onih koji izrađuju karte i onih koji se njima koriste u potpunosti je zamagljena u procesu postupnog kartiranja posebnih mjesta koji se razvija u otvorenoj online platformi. Platforma svakome omogućuje ispravljanje ili ažuriranje postojećih informacija, doprinos novih informacija i stvaranje vlastitih karata posebnih mjesta. Stručnjaci kartografi povlače se u pozadinu dajući temeljne karte i recepte za izradu karata.

U posljednjem desetljeću pojavio se veliki broj online platformi za kartiranje, kao što su Google Maps, Microsoftov Bing Maps, Baidu itd., koje izdaju vlastite temeljne karte i 3D modele gradova s pokrivenošću cijelog svijeta i u različitim rasponima prostornih i vremenskih razmjera. To je nametnulo veliki pritisak konkurencije na profesionalne izdavače karata i proširilo sumnju da je kartografska struka možda zastarjela i da može biti potpuno zamijenjena programskim inženjeringom. Trenutačno postoje četiri marketinške strategije: (1) plaćene karte temeljene na plaćenim podacima, (2) plaćene karte na temelju besplatnih podataka, (3) besplatne karte na temelju besplatnih podataka i (4) besplatne karte na temelju plaćenih podataka.

Većina postojećih internetskih izdavača karata prihvatila je prvu strategiju. Kupuju skupe službene podatke za kartiranje i isporučuju profesionalno dizajnirane i prilagođene karte. Njihovi kupci mogu kupiti licence za pohranu i korištenje karata na vlastitim klijentovim poslužiteljima ili kupiti hiperveze za pregledavanje karata pohranjenih na poslužitelju izdavača. Tvrtke koje počinju izrađivati karte (*start-up*) obično slijede drugu strategiju. Koriste se besplatnim podacima OSM-a, a ne kupuju službene podatke za kartiranje. OSM su stvorili volonteri, ima globalnu pokrivenost i stalno poboljšanu kvalitetu koja se sada može usporediti s mjerodavnim podacima za kartiranje. Zbog prilično ograničenog kapaciteta za pohranu i računarstvo, projekt OSM će nastaviti usredotočavanje na održavanje podataka i kvalitetu, a ne na izvođenje usluga s dodanom vrijednošću. To ima za posljedicu poslovne mogućnosti za profesionalne kartografe u razvoju usluga kartiranja po mnogo nižim cijenama od onih iz konvencionalne strategije. Treća marketinška strategija slična je drugoj, no usluge za karte su besplatne i obično se održavaju na otvorenom portalu koji je usmjeren na ograničeno administrativno područje kao što su pokrajina ili grad.

map users is completely removed in the incremental hotspot mapping process that evolves on an open on-line platform. The platform allows users to correct or update existing information, contribute new information and create their own hotspot maps. Professional cartographers stay in the background while supplying base map and map design recipes.

In the last decade, a number of online mapping platforms such as Google Maps, Bing Maps, Baidu etc. have emerged, publishing their own base maps and 3D city models with worldwide coverage and in different spatiotemporal scale ranges. This has created unprecedented competition pressure on professional map publishers and led to fears that the cartographic profession might become obsolete and replaced entirely by software engineering. At the moment, there are four concurrent marketing strategies: (1) Paid maps based on paid data; (2) Paid maps based on free data; (3) Free maps based on free data, and (4) Free maps based on paid data.

Most established online map publishing houses have adopted the first strategy. They purchase expensive, authorised mapping data and deliver professionally designed, customized maps. Their customers may purchase licenses to store and use the maps on their own client servers, or purchase hyperlinks to browse the maps stored on the publisher's server. Start-ups for map production tend to follow the second strategy. They use free OSM data rather than purchasing authorised mapping data. OSM is created by volunteers, has global coverage and is constantly improving in quality, so it is now comparable to authorised mapping data. Due to its rather limited storage and computing capacities, OSM will continue to focus on maintaining data and quality rather than deriving value-adding services. This means business opportunities for professional cartographers to develop map services at competitive prices. The third marketing strategy is similar to the second, but the map services are free and typically maintained on an open portal targeted at a limited administrative area such as a province or city.

The fourth strategy that aims to provide free maps from paid data is the most amazing. For example, Google LLC issued a policy of providing free maps without embedded advertising when its Application Programming Interface (API) was introduced in 2005. It quickly became one of the most frequently visited platforms. When a suitably high number of worldwide visitors was reached by 2011, however, Google began to integrate advertisements and charge fees to commercial users who exceeded a certain threshold of daily clicks (www.google.com/intl/en-us/help/legalnotices

[_maps.html](#)). The threshold was set high, that Google Maps remain virtually free of charge for most commercial clients who are ready to pay for embedded advertising to reach a wide audience. So the economic cost of creating of free maps may be offset by the revenue from embedded advertising. With more users attracted to easy-to-use platforms, it is possible to track more information on their behavior, to improve search engines or identify new business opportunities. While Internet users have been enjoying the convenience of globally accessible, high quality free maps, map-publishing houses have suffered from the global economic depression and many have gone bankrupt. The Initiative for a Competitive Online Marketplace founded in 2008 (www.i-comp.org/de) questioned the legality of this monopolizing marketing strategy and urged participants to restore the ecosystem by diversifying map publishers and services.

In recent years, governments and Internet giants have been increasingly engaged in constructing large computing infrastructures and have launched a number of powerful cloud computing platforms. Professional map publishing houses, like many other small and medium-sized enterprises, may move their routine work to the cloud and pay for the necessary computing time and storage capacity, while maintaining and innovating special cartographic competences for their own clients according to the German saying "leaving the church in the village". Cartographers should not only develop map products beyond positioning and navigation services, but also concentrate on creative tasks that cannot be fully automated, such as on-the-fly map generalization (Mackaness et al. 2007), adaptive name placement (Mote 2007), color management (<http://colorbrewer2.org/>), or attention-guiding symbolization (Murphy 2015). This is indispensable if there is to be long-term collaborative competition among public mapping agencies and private map service developers of, with the optimal allocation of research and development resources, and diversified high-quality map services.

6 Concluding Remarks

With the popularization of mobile Internet services, crowdsourcing, open science and cloud mapping, the cost of map creation has been constantly reducing. At the same time, maps have acquired many new expressions and affordances. Cartographic processes have spread from the coverage-oriented mass production of general maps by professional mapmakers to the co-creation of theme-oriented mashups by mapmakers and domain specialists, and even further, to incremental

Najnevjerojatnija je četvrta strategija koja ima za cilj pružiti besplatne karte iz plaćenih podataka. Na primjer, Google LLC je izdao pravila davanja besplatnih karata bez ugrađenog oglašavanja kada je 2005. uveden API (*Application Programming Interface*). To je pravilo ubrzo napravilo Google Maps jednom od najčešće posjećivanih platformi. Kada je postignut dostatan velik broj posjetitelja diljem svijeta i stabiliziran do 2011. godine, Google je počeo integrirati oglase i naplaćivati naknade komercijalnim korisnicima za dio koji prelazi prag dnevnih klikova (www.google.com/intl/hr/pomoć/legalnotices_maps.html). Prag je postavljen tako visoko da Google Maps i dalje ostaju bez naknade za većinu komercijalnih klijenata koji su, međutim, spremni platiti za svoje ugrađeno oglašavanje koje bi moglo doprijeti do publike. Na taj se način ekonomski gubitak za stvaranje besplatnih karata može kompenzirati prihodom od ugrađenog oglašavanja. S više korisnika, koje privlači platforma jednostavna za upotrebu, moguće je pratiti više informacija o ponašanju korisnika kako bi se dodatno poboljšala tražilica ili identificirale nove poslovne prilike.

Dok korisnici interneta uživaju u praktičnosti globalno dostupnih besplatnih karata visoke kvalitete, kuće za izdavaštvo karata pate od globalne ekonomske depresije, a mnogi od njih bankrotiraju. Inicijativa za konkurentno online tržište osnovana 2008. (www.i-comp.org/de) dovodi u pitanje zakonitost te monopolističke marketinške strategije i pozvala je sudionike da vrate ekosustav s raznolikim izdavačima karata i uslugama.

Posljednjih se godina vlade i internetski divovi sve više bave izgradnjom velike računalne infrastrukture i izdaju niz moćnih računalnih platformi za oblak. Stručni izdavači karata, poput mnogih drugih malih i srednjih poduzeća, mogu premjestiti svoje rutine u oblake i platiti potrebne računarske kapacitete i kapacitete za pohranu zadržavajući i inovirajući posebnu kartografsku kompetenciju za svoje klijente prema motu "ostaviti crkvu u selu" (*die Kirche im Dorflassen*).

Kartografi ne bi trebali razvijati samo kartografske proizvode na temelju pozicioniranja i navigacijskih usluga, nego se također usredotočiti na kreativne zadatke koji se ne mogu potpuno automatizirati, kao što je to generalizacija karata "u letu" (*on-the-fly*) (Mackaness i dr. 2007), prilagodljivo postavljanje imena (Mote 2007), upravljanje bojama (<http://colorbrewer2.org/>), odabir znakova koji usmjerava pozornost (Murphy 2015). Takav ekosustav neophodan je za dugoročnu suradničku konkurenciju među javnim agencijama za kartiranje i privatnim razvijateljima kartografskih usluga, optimalnom raspodjelom resursa istraživanja i razvoja te raznolikim kvalitetnim kartografskim uslugama.

6. Zaključne napomene

S popularizacijom mobilnog interneta, mnoštvenog prikupljanja podataka, otvorenih znanosti i kartiranja u obliku, troškovi se stvaranja karata stalno smanjuju. Istodobno, karte ostvaruju mnoge nove oblike i prednosti. Kartografski su se procesi proširili od masovne proizvodnje općenitih karata usmjerenih na pokrivenost profesionalnih kartografa, do stvaranja tematski orijentiranih mashup izrađivača karata i specijalista za pojedina područja, do postupnog kartiranja posebnih mjesta koje je omogućeno svima. Uloga kartografa evoluirala je od onoga koji izrađuje karte do izrađivača alata za dizajn. Korisnici karte prešli su iz pasivnih primatelja geoinformacija na suautore mrežnih karata. Kartiranje je postalo "najbolja milja" otvorenih mrežnih platformi za kartiranje, a ne samo "zadnja milja" u lancu dodanih vrijednosti geopodacima. Zbog svoje inherentne sposobnosti za pozicioniranje, orijentaciju i pregled velikih podataka, sveprisutne karte ne samo da su život učinile praktičnijim, već i nakupile ogromno bogatstvo i stvorili nove poslovne prilike za internetske platforme. Međutim, neobičan način "privlačenja" potencijala za online marketing s pomoću besplatnih karata neizbježno je prouzročio ekonomsku deprimiranost profesionalnih izdavača karata, što je ugrozilo raznolikost kartografskih usluga. S pojavom platformi za računarstvo u oblaku, ekosustav izdavanja karata sada je rekonstruiran, što bi trebalo olakšati suradničku konkurenciju među različitim pružateljima kartografskih usluga. Kartografija će i dalje nastaviti rasti zajedno s informatičkim znanjem i kognitivnim znanostima.

Međutim, uzevši u obzir ovu zaključnu izjavu, može se reći da postoji još jedno uporno pitanje istraživanja u kartografiji – Tko upotrebljava karte? Ono bi, zajedno s ostalim pitanjima o kojima se u prethodnim odjeljcima raspravljalo, moglo opravdati skup Velikih Pet (*Big Five*). Postoji dvostruki razlog zašto se u ovome radu ne bavimo posebno korisnicima karata. S jedne strane jednostavan odgovor da svatko koristi karte nije dovoljan bez razmatranja mnogih konotacija kao što su: kako se karte koriste, kako se kategoriziraju korisnici karata, koji su odlučni aspekti u dinamičkom profilu korisnika karata, jesu li humanoidni roboti legitimni korisnici karata itd. S druge strane, korisnici karata predstavljaju sveobuhvatni problem istraživanja u doba otvorene znanosti kada se karte izrađuju za korisnike i kad ih izrađuju korisnici. Stoga je u budućim istraživanjima potrebno proučavati pitanje o korisnicima karata u odnosu na stilove dizajna i funkcije karata, procesa kartiranja i onih koji karte izrađuju.

hotspot mapping by everyone. The role of the cartographer has evolved from mapmaker to maker of design tools. Map users have evolved from passive geoinformation receivers to co-creators of online maps. Mapmaking has become the “best mile” of open online mapping platforms rather than just the “last mile” of a value-adding chain of geodata. Thanks to their capabilities in positioning, orienting and previewing big data, ubiquitous maps have not only made our life more convenient, but also accumulated wealth and created new business opportunities for Internet platforms. However, luring potential online marketing by means of free maps has inevitably caused economic strains for professional map publishing houses and endangered the diversity of map services. With the emergence of cloud-computing platforms, the map publishing ecosystem is now being reconstructed, which should facilitate collaborative

competition among map service providers. Cartography will thus continue to thrive along with computer science and the cognitive sciences.

However, we might argue that there is another persistent research question in cartography – ‘Who is using maps?’, making a set of five. There are two reasons for not dealing separately with map users in this paper. The straightforward answer, “Everybody uses maps” is not sufficient if we do not also consider how maps are used, how map users are categorized, the decisive aspects of a dynamic map user profile, whether humanoid robots are legitimate map users, etc. Map users are a vast research subject in the era of open science when maps are made for and with them. Therefore, in future studies, the question of map users in relation to design styles, map functions, mapping processes and mapmakers must be scrutinised.

References / Literatura

- Bucher J (2018) *Storytelling for virtual reality – methods and principles for crafting immersive narratives*. Routledge Taylor & Francis Group, New York and London
- Ding L (2016) *Visual Analysis of Large Floating Car Data – A Bridge-Maker between Thematic Mapping and Scientific Visualization*. PhD thesis, Technical University of Munich
- Glander T, Trapp M, Döllner J (2007) A Concept of Effective Landmark Depiction in Geovirtual 3D Environments by View-Dependent Deformation. *Int. Symposium on LBS and Telecartography*
- Hake G, Grünreich D, Meng L (2002) *Kartographie – Visualisierung Raum-Zeitlicher Informationen* Berlin: de Gruyter, 8th Edition
- Jahnke M (2013) *Nicht-Photorealismus in der Stadtmodellvisualisierung für Mobile Nutzungskontexte*, PhD thesis, Technical University of Munich
- Kiefer P, Giannopoulos I, Raubal M and Duchowski A-T (2017) Eye Tracking for Spatial Research: Cognition, Computation, Challenges. *Spatial Cognition & Computation*, 17(1–2)
- Koley V (2015) *Entwicklung einer Regelbasierten und Automatisierten Schriftgestaltung in Bildkarten*. Master thesis, Technical University of Munich
- Kraak M, Ormeling F (2010) *Cartography: Visualization of Spatial Data*. London: Pearson -Education Ltd, 3rd Edition
- Liu B, Dong W, Meng L (2017) Using Eye Tracking to Explore the Guidance and Constancy of Visual Variables in 3D Visualization. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2017, 6, 274
- Mackaness W, Ruas A, Sarjakoski L-T (eds. 2007) *Generalisation of Geographic Information: Cartographic Modelling and Applications*. Elsevier Science
- Madhavan J, Balakrishnan S, Brisbin K, Gonzalez H, Gupta N, Halevy A Y, Jacqmin-Adams K, Lam H, Langen A, Lee H (2012) Big Data Storytelling Through Interactive Maps. *IEEE Data Eng. Bull.*, 35:46–54
- Meng L (2017) The Constancy and Volatility in Cartography. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 46(10): 1637–1644
- Mote K (2007) Fast point-feature label placement for dynamic visualizations. *Information Visualization*, Vol.6, Issue 4, 249–260, doi.org/10.1057/palgrave.ivs.9500163
- Murphy C-E (2015) *Intellectual Highlighting of Remote Sensing Imagery for Better Image Map Design*. Proc. of the 27th ICC, Rio de Janeiro
- Peters S (2014) *Dynamics of Spatially Extended Phenomena*. PhD thesis, Technical University of Munich
- Polous N (2016) *Event Cartography: A New Perspective in Mapping*. PhD thesis, Technical University of Munich
- Rase W-D (2001) *Kartographische Anamorphosen und Andere Nichtlineare Darstellungen*. In: *Theorie 2000 – Kartographische Bausteine*, Band 19, TU Dresden, 31–38
- Reichenbacher T (2004) *Mobile Cartography – Concepts for Adaptive Visualisation of Spatial Information on Mobile Devices*. PhD thesis, Technical University of Munich
- Swienty O (2008) *Attention-Guiding Geovisualisation: A Cognitive Approach of Designing Relevant Geographic Information*. PhD thesis, Technical University of Munich
- Yang J (2016) *Labeling Spatial Trajectories in Road Network using Probabilistic Graphical Models*. PhD thesis, Technical University of Munich
- Zhang M, Yao W, Meng L (2016) Automatic and Accurate Conflation of Different Road-Network Vector Data towards Multi-Modal Navigation. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 5, 68; doi:10.3390/ijgi5050068