

UDK 528.91:164.021:7.026

Pregledni znanstveni članak / Review

Pregled grafičkih varijabli u kartografiji

Iva CIBILJIĆ, Ivka KLJAJIĆ, Vesna POSLONČEC-PETRIĆ – Zagreb¹

SAŽETAK. Grafičke varijable su razlike u elementima karte koje percipira ljudsko oko. Kartografi koriste grafičke varijable za komunikaciju složenih informacija na jasan i koncizan način. Brojni su autori pisali o primjeni grafičkih varijabli u kartografiji, dajući smjernice o tome kako odabrati odgovarajuću grafičku varijablu za tip podatka koji se predstavlja, kao i o potrebi razmatranja interakcije između grafičkih varijabli prilikom izrade karata. Jacques Bertin je bio jedan od prvih koji je naglasio važnost odabira odgovarajuće grafičke varijable za tip podatka koji se predstavlja i potrebu da se uzme u obzir interakcija između njih. On je kao osnovne grafičke varijable definirao veličinu, oblik, ton boje, jarkost boje, orijentaciju i teksturu. Drugi su autori nastavili razvijati Bertinov rad i identificirali nekoliko dodatnih grafičkih varijabli, uključujući zasićenost boje, raspored uzorka, oštrinu, rezoluciju, prozornost i perspektivnu visinu. U ovom radu prikazan je pregled grafičkih varijabli iz kartografske perspektive, naglašena je važnost razmatranja perceptivnih i kognitivnih čimbenika koji utječu na to kako ljudi tumače grafičke informacije, te su dane smjernice za ažuriranje terminologije na hrvatskom jeziku. Grafičke varijable bitne su u kartografiji i dizajnu vizualizacije podataka za predstavljanje razlika u podacima. Primjena odgovarajućih grafičkih varijabli ključna je za učinkovitu komunikaciju informacija ciljanoj publici.

Ključne riječi: Bertin, grafičke varijable, kartografija, kartografika.

1. Uvod

Sve što ima prostornu komponentu može se prikazati na karti, bilo da se radi o objektu na površini Zemlje, stanju pa čak i pojavi koja prevladava određenim područjem. Od prvih pećinskih crteža do digitalnih karata, kartografija se mijenjala kroz povijest i postepeno razvijala. Čovjek je godinama usavršavao

¹ Iva Cibilić, mag. ing. geod. et geoinf., Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: iva.cibilic@geof.unizg.hr
doc. dr. sc. Ivka Kljajić, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: ivka.kljajic@geof.unizg.hr
izv. prof. dr. sc. Vesna Poslončec-Petrić, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: vesna.posloncec-petric@geof.unizg.hr

kartografske prikaze i metode izrade karte, pri čemu je kartografski prikaz, odnosno karta, krajnji rezultat. Prema Međunarodnom kartografskom društvu (International Cartographic Association – ICA), kartografija je disciplina koja se bavi izradom, promicanjem i proučavanjem karata (URL 1).

Kartografski znakovi prikazuju objekte iz stvarnosti čiji položaj na karti odgovara njihovom položaju u prirodi. Budući da su karte dvodimenzionalni prikazi stvarnog svijeta, objekti na njima se mogu prikazati točkom, linijom ili poligonom. Međutim, tako je definiran samo položaj objekta u ravnini. Kako bi iskazali neko svojstvo prikazanog objekta, koristimo se grafičkim varijablama. Prema Tyner (2010), grafičke varijable omogućavaju razlikovanje kartografskih znakova prema karakteristikama i vrijednostima koje predstavljaju.

Bez obzira na vrstu kartografskog prikaza na kojem su vidljive, grafičke varijable bi trebale biti jedan od osnovnih načina kartografskog izražavanja. Pregledom literature je to jasno, međutim nije eksplicitno navedeno, te je naglasak na tome bila glavna motivacija za pisanje ovog rada.

U drugom poglavlju definirane su grafičke varijable koje se koriste u kartografskim prikazima. Kronološki pregled autora koji su obrađivali primjenu grafičkih varijabli i njihovo semantičko značenje na kartama predstavljen je u trećem poglavlju u kojem je također dan i osvrt na domaću literaturu iz domene kartografije. U četvrtom poglavlju prikazana je sistematizacija varijabli. U petom poglavlju opisana je poveznica grafičkih varijabli s osnovnim načinima kartografskog izražavanja, te su dane smjernice za ažuriranje terminologije na hrvatskom jeziku. U zaključku su iznesene glavne prednosti poznavanja semantičkog značaja grafičkih varijabli i njihove primjene u kartografiji.

2. Grafičke varijable

Grafičke varijable mogu se definirati s više aspekata. Sintaktika pruža razuman način procjene korisnosti varijabli u odnosu jednih na druge, semantika se bavi odnosom varijabli sa znakovima koje preoblikuju, a pragmatična dimenzija označava odnos grafičkih varijabli prema korisniku. Razni autori su se bavili različitim aspektima grafičkih varijabli.

Grafičke varijable su razlike u elementima karte koje percipira ljudsko oko (Bertin 1967).

Prema MacEachrenu (2004), grafičke varijable su mehanizam kojim karte predstavljaju i potiču različite prikaze, dok ih White (2017) definira kao skup grafičkih oznaka koje se koriste za slikovito predstavljanje podataka.

Lovrić (1988) grafičke varijable spominje kao sredstvo oblikovanja odgovarajućih signatura. Navodi da se grafičkim varijablama oblikuje poseban kartografski znak kojim se iskazuje određeno svojstvo objekta, odnosno prikazuje neka komponenta informacije o svojstvima objekata.

Prema *Kartografskom rječniku* (Frančula i dr. 2020), grafička varijabla je varijabla kojom se oblikuju grafički elementi. Navedeno je da se u kartografiji primjenjuju ove grafičke varijable: veličina, boja, smjer i oblik.

Bez obzira na vrstu kartografskog prikaza na kojem su vidljive, grafičke varijable su osnovni način razlikovanja kartografskih znakova. U kartografiji, razumijevanje grafičkih varijabli važno je kao korak prema saznanju kako različite vrste karata funkcioniraju i kako izbor znakova implicira određene poruke. U ovom radu u fokusu istraživanja su statični, papirnati kartografski prikazi, odnosno grafičke varijable koje na njima šalju čitatelju određenu informaciju.

Razvoj korištenja grafičkih varijabli nije bio linearan. Tijekom cijelog procesa izrade karte su prisutne, ali im nije bila dana veća pozornost, već su se smatrale općeprihvaćenima i intuitivnima. U ovom radu obrađeni su oni autori koji su se, u određenoj mjeri, bavili temom grafičkih varijabli i načinom njihove komunikacije. U tablici 1 su popisane grafičke varijable prema autorima koji su ih obrađivali.

Tablica 1. *Usporedba grafičkih varijabli prema autorima.*

Bertin (1967)	Morrison (1984)	Monmonier (1991)	Mac-Eachren (2004)	Dent i dr. (2009)	Slocum i dr. (2009)	Kraak i Ormeling (2010)	Tyner (2010, 2014)	Krygier i Wood (2016)
Lokacija				Lokacija	Lokacija			
Veličina	Veličina	Veličina	Veličina	Veličina	Veličina	Veličina	Veličina	Veličina
Oblik	Oblik	Oblik	Oblik	Oblik	Oblik	Oblik	Oblik	Oblik
Jarkost boje	Jarkost boje	Jarkost boje	Jarkost boje		Jarkost boje	Jarkost boje	Jarkost boje	Jarkost boje
Ton boje	Ton boje	Ton boje	Ton boje	Ton boje	Ton boje	Ton boje	Ton boje	Ton boje
Tekstura	Tekstura	Tekstura	Tekstura	Tekstura	Tekstura	Tekstura	Tekstura	Tekstura
Orijentacija	Orijentacija	Orijentacija	Orijentacija	Orijentacija	Orijentacija	Orijentacija	Orijentacija	
	Zasićenost boje		Zasićenost boje	Zasićenost boje	Zasićenost boje	Zasićenost boje	Zasićenost boje	Zasićenost boje
	Raspored uzorka		Raspored uzorka		Raspored uzorka		Raspored uzorka	
			Oštrina					
			Rezolucija					
			Prozirnost					
					Perspektivna visina			

Budući da su autori davali različite poglede na određene varijable, u ovom radu se definiraju kao (White 2017):

- Veličina: varijacije u duljini, površini ili volumenu kartografskog znaka,
- Oblik: varijacije u izgledu ili obliku kartografskog znaka,
- Jarkost boje: dominantna valna duljina vidljive svjetlosti (npr. crvena, plava, zelena),
- Ton boje: svijetle ili tamne varijacije jedne nijanse,
- Zasićenost boje: intenzitet jedne nijanse,

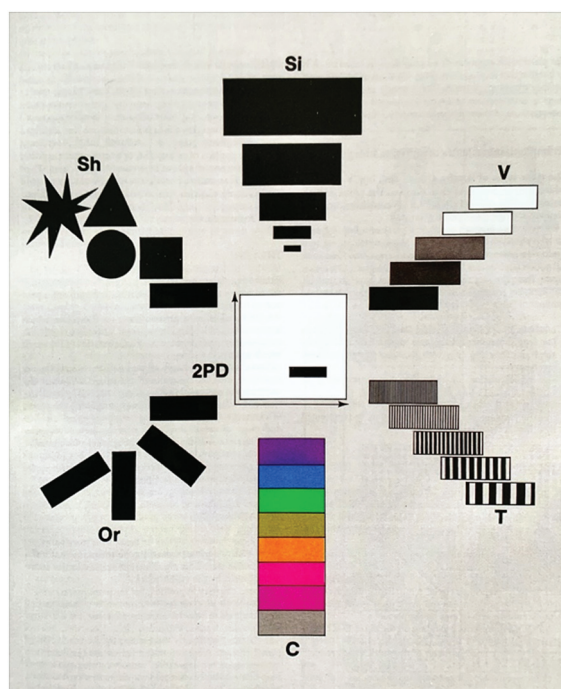
- Tekstura: relativna grubost kartografskog znaka,
- Orijehtacija: smjer ili kut rotacije kartografskog znaka,
- Raspored uzorka: distribucija pojedinačnih oznaka koje čine kartografski znak,
- Oštrina: oštrina granica,
- Rezolucija: razina detalja ili preciznosti skupa prostornih podataka,
- Prozirnost: razina stapanja kartografskog znaka i pozadinskog sloja,
- Pespektivna visina: trodimenzionalni prikaz kartografskog znaka (Slocum i dr. 2009).

Boja je podijeljena u tri grafičke varijable na temelju ljudske percepcije boje: jarkost, ton i zasićenost. Također se spominju i dvije varijable povezane s uzorkom (tekstura i raspored uzorka) te tri varijable povezane s nesigurnošću (oštrina, rezolucija i prozirnost).

3. Pregled literature o grafičkim varijablama

U većini literature o grafičkim varijablama upravo se Jacques Bertin spominje kao njihov začetnik (Slocum i dr. 2009, Tyner 2010) iako to nije slučaj. Arthur R. Robinson je razmatrao ulogu veličine, oblika i boje u uspostavi kontrasta na kartama u knjizi *The Look of Maps* (1952), a njegovo djelo *Elements of Cartography* (1960) je vrlo brzo postalo temeljni udžbenik o odnosima grafičkih varijabli u predstavljanju prostornih informacija (URL 3). Međutim, Bertin je prvi sistematizirao i definirao upotrebu grafičkih varijabli (Slocum i dr. 2009) te su njegovi principi u upotrebi i danas. Prema Tyner (2010), u Bertinovom djelu *Sémiologie Graphique* (Semiologija grafike) iz 1967. godine definiran je i opisan osnovni skup varijabli te su navedene upute za njihovo korištenje ne samo u kartografiji, već i u područjima grafičkog dizajna i vizualizacije informacija. Njegov originalni skup istraživali su i modificirali razni kartografi tijekom vremena.

Bertin raspoznaje dvije vrste grafičkih varijabli: „retinalne“ i „lokacijske“. Dvije lokacijske varijable su koordinatne osi, a označavaju položaj u ravnini karte, dok su šest glavnih grafičkih varijabli kojima se kartografski elementi razlikuju: veličina (engl. *size*), oblik (engl. *shape*), boja (engl. *color hue*), ton boje (engl. *value/lightness*), orijentacija (engl. *orientation*) i tekstura (engl. *texture*) (slika 1). Njihovim razdvajanjem je povučena jasna razlika između prostornih odnosa među kartografskim znakovima na karti i njihovog položaja u ravnini te percepcije samih kartografskih znakova koja daju značenje svakom od njih. Autor je smatrao da se grafičke varijable obrađuju unaprijed, na neposredan način na osjetilnoj razini ljudskog oka, gotovo kao instinkt. Radi jasnu razliku između kognitivnog razumijevanja kartografskih znakova i perceptivnog prihvaćanja grafičkih varijabli. Upravo zbog toga je naglasak stavljen na naziv „retinalnih“ varijabli, a ne „vizualnih“ (URL 2).



Slika 1. Šest „retinalnih“ varijabli (Bertin 2011).

Morrison (1984) predlaže podjelu sličnu Bertinovoj. Proširio je Bertinov skup „retinalnih“ varijabli s dvije dodatne „dimenzije kartografskog znaka“ (engl. *symbol dimensions*), kako ih on naziva: zasićenost (engl. *color intensity/saturation*) i raspored uzorka (engl. *pattern arrangement*). Lokacijsku varijablu ne spominje, dok s druge strane objedinjuje jarkost, ton i zasićenost boje kao obilježja boje, a orijentaciju, teksturu i raspored kao obilježja uzorka (Tyner 2010, Halik 2012, Roth 2017). Prema Morrisonu (1984), zasićenost boje se ne može promatrati neovisno o jarkosti i tonskoj vrijednosti boje, a ton boje je jedina dimenzija od njih koja postoji samostalno. Morrison shvaća da se intenzitet boje, odnosno zasićenost, i njezina tonska vrijednost mogu mijenjati, ali u njihovoj međusobnoj kombinaciji jedno od toga ne smije varirati. To je važno pri promatranju njihovog značenja: promjena zasićenosti, odnosno intenziteta boje, ima ordinalnu konotaciju, a promjena tonske vrijednosti boje označava nominalno skaliranje značenja.

Monmonier 1991. godine objavljuje knjigu *How to Lie with Maps* (Kako lagati s kartama) u kojoj otkriva kako izbori koje kartografi donose utječu na značenje karte i poruku o mjestima koja se prikazuju. Između ostalog Monmonier spominje šest grafičkih varijabli (engl. *visual variables*): veličinu, oblik, ton boje (on je naziva nijansom sive boje, engl. *graytone value*), teksturu, orijentaciju i boju (jarkost boje). Dijeli ih na kvalitativne i kvantitativne, smatrajući da svaka pojedina varijabla najbolje prikazuje samo jednu vrstu razlika među kartografskim znakovima na karti.

Gotovo trideset godina nakon Bertinove *Sémiologie Graphique*, MacEachren 1995. ujedinjuje različite koncepte kartografskog dizajna u knjizi *How Maps Work* (Kako funkcioniraju karte). U knjizi je dana detaljna sinteza sustava oko-mozak i ispitana su njegova ograničenja za obradu informacija o osnovnim grafičkim varijablama koje se koriste u kartografskom prikazu. Ispitan je utjecaj vizualnih procesa na primjenu različitih grafičkih varijabli u dizajnu karte. MacEachren je objedinio istraživanja iz raznih disciplina kako bi izgradio razumijevanje načina na koji se karte percipiraju, koje bi moglo poslužiti kao smjernice za simbolizaciju karte (Nelson 1996). Osim semiotike, naglasak je stavljen na nove metode izrade kartografskih prikaza, koji su se do tada izrađivali ručno. Digitalizacijom procesa javili su se različiti pristupi izrade i obrade karata, te je sam postupak postao brži i jednostavniji. MacEachren je identificirao tri dodatne grafičke varijable čije je rukovanje olakšano digitalnim metodama: oštrinu (engl. *focus/crispness*), rezoluciju (engl. *resolution*) i prozirnost (engl. *transparency*). Izvorno je te tri grafičke varijable grupirao pod jednim nazivom „fokus“ (engl. *focus*) u kontekstu vizualizacije neizvjesnosti, ali je na kraju uvažio svaku komponentu kao zasebnu grafičku varijablu s obzirom na potencijalnu primjenu na druge oblike kartografskog prikaza (Roth 2017).

Dent i dr. (2009) smatraju grafičke varijable sredstvom kojim čitatelj karte prikuplja informacije i tumači kartu. Pozivaju se na Bertinovo istraživanje, te spominju dvije lokacijske varijable: x i y koordinate u dvodimenzionalnom prostoru koje predstavljaju položaj objekata, odnosno njihovu lokaciju. Preostalima grafičkim varijablama smatraju: veličinu, oblik, orijentaciju, teksturu, zasićenost i ton boje. Za njih smatraju da omogućuju kartografu prikaz informacija o kompleksnim prostornim odnosima u obliku tematskih karata.

Slocum i dr. (2009) definiraju grafičke varijable kao termin koji se uobičajeno koristi za opisivanje međusobnih razlika u znakovlju karte koji se koriste za predstavljanje geografskih pojava. Uvode novu grafičku varijablu: perspektivna visina (engl. *perspective height*). Umjesto uobičajenog naziva za teksturu koriste „razmak“ (engl. *spacing*) kako bi se ograničili na samo jedno značenje pojma.

Kraak i Ormeling (2010) naglašavaju važnost razlikovanja osnovnih grafičkih varijabli i njihovih predodžbi. Upravo njihova sistematizacija i razumijevanje omogućavaju kartografima pomoć pri odabiru onih grafičkih varijabli koje najbolje odgovaraju karakteristikama objekata koji se prikazuju na karti i/ili ciljevima kartografske komunikacije. Spominju šest Bertinovih osnovnih grafičkih varijabli: veličina, oblik, ton boje (nijansa sive boje), jarkost boje, orijentacija i tekstura, te uz njih navode zasićenost boje kao sedmu grafičku varijablu. Smatraju da se raspored uzorka i fokus ne mogu svrstati među osnovne grafičke varijable jer se mogu smatrati obilježjima objekata u stvarnosti, a ne samo na karti.

Tyner (2010) kaže da grafičke varijable omogućavaju razlikovanje kartografskih znakova prema njihovim karakteristikama i vrijednostima koje predstavljaju. U knjizi *Principles of Map Design* (Principi dizajna karte) spominje osam grafičkih varijabli za koje smatra da su prihvaćene od strane većine kartografa, a to su oblik, veličina, jarkost boje, ton boje, zasićenost boje, raspored uzorka, tekstura i orijentacija. Prema autorici, lokacija, oštrina, prozirnost, rezolucija i perspektivna visina su slabije prihvaćene u kartografiji.

Krygier i Wood (2016) spominju grafičke varijable kao način simbolizacije određenih prostornih informacija prema njihovim karakteristikama. Lokaci-

jsku varijablu ne uzimaju u obzir jer se referiraju na područje karte, a orijentaciju kartografskog znaka ne smatraju zasebnom varijablom, već podskupom varijacije oblika.

Pregled spomenutih grafičkih varijabli vidljiv je u tablici 2.

Tablica 2. *Varijacije grafičkih varijabli prema načinu prikaza objekata na karti.*

	Točka	Linija	Poligon
Veličina			
Oblik			
Ton boje			
Jarkost boje			
Zasićenost boje			
Orijentacija			
Tekstura			
Raspored uzorka			
Oštrina			
Rezolucija			
Prozirnost			
Perspektivna visina			

Oblikovanje kartografskih prikaza obrađeno je u nekolicini publikacija hrvatskih autora, ali ne uvijek pod istim opsegom i ne na isti način.

U kartografskom udžbeniku Peterca i dr. (1974) temeljito obrađuju oblikovanje karata, s naglaskom na oblikovanje kartografskih znakova, naziva i brojki. Pri tom posebno razmatraju kartografska sredstva izražavanja tematskih karata.

Nezaobilazan kartografski udžbenik Lovrića (1988) posebno naglašava svojstva i oblikovanje znakova prema grafičkim varijablama te u domaćoj bibliografiji, prema našim saznanjima, pruža najopsežniji opis i prikaz grafičkog variranja.

Uz nju, tematikom grafičkih varijabli bavio se i Frangeš (1998) u doktorskoj disertaciji.

Prema Lovriću (1988), preslikavanjem prostornog objekta u ravninu dobiva se trag, koji zbog veličine objekta može biti točka, linija ili površina. Međutim, tako je definiran samo položaj objekta u ravnini. Budući da kartografskim prikazom želimo iskazati neko svojstvo objekta, neophodno je grafičkim variranjem ili preoblikovanjem pojedine točke, linije ili ispunjavanjem površine oblikovati poseban kartografski znak kojim ćemo iskazati to svojstvo objekta. Dakle, trag preoblikujemo grafičkim varijablama. Navodi šest osnovnih grafičkih varijabli: veličina, tonska vrijednost, veličina uzorka (tekstura), boja, smjer (orijentacija) i oblik. Svaka grafička varijabla može se primijeniti za oblikovanje odgovarajućih kartografskih znakova i zatim za prikaz bilo koje komponente informacije o svojstvima objekta. Međutim, svaka grafička varijabla ima određena svojstva i bolje odgovara za transkripciju jedne komponente informacije o objektu nego neke druge. Autor spominje kvalitativna (asocijativna/selektivna), poredbena i kvantitativna svojstva grafičkih varijabli, koja podupiru Bertinovu sistematizaciju. Također se spominje i dužina svake grafičke varijable, koja je definirana brojem selektivnih stupnjeva, odnosno, dužina predstavlja broj izvedenih kartografskih znakova jedne kategorije koje se mogu razlikovati na karti.

4. Mjerne razine informacija

Tijekom godina postalo je uobičajeno da kartografi dijele događaje prema njihovim svojstvima kako bi se strukturirala zapažanja o stvarnosti. Podjela kartografskih znakova prema njihovoj mjernoj razini ovisi o numeričkim svojstvima promatranih činjenica. Određeni mjerni sustav može se dodijeliti jednoj od ove četiri razine: nominalnoj, ordinalnoj, intervalnoj i omjernoj, tako da je svaka spomenuta razina niža od prethodno spomenute. Sredstva kartografskog izražavanja biraju se posebno za prikaz geografskih pojava ili podataka prema tim mjernim razinama. Te karakteristike funkcioniraju kao kriteriji za određivanje grafičkih varijabli koje se mogu odabrati za oblikovanje učinkovitog kartografskog znaka.

4.1. Podjela informacija po mjernim razinama

Nominalna razina je najjednostavnija mjerna razina, još se naziva i kvalitativnom, jer odgovara na opisno pitanje: što se prikazuje na karti? Primjer nominalne razine je prikaz različitih usjeva: kukuruza, pšenice ili soje. Svaka žitarica je različita, i ne mogu se međusobno miješati (Dent i dr. 2009). Drugi primjer je religija, u kojoj se prikazuje rasprostiranje katolika, židova, protestanata i drugih, gdje je svaka vjerska skupina drugačija, ali nijedna nije više ili manje religija od druge (Slocum i dr. 2009).

Temelj ordinalne razine jest poredak. Objekti ili pojave koji se prikazuju raspoređeni su od najmanjeg prema najvećemu i obrnuto, a informacije koje prenose su „veće od“ ili „manje od“. Ovakva struktura ne pruža informaciju o veličini udaljenosti među stavkama poretka već samo njihovu hijerarhiju. Primjer ordinalne podjele jest karta vjerojatnosti rizika od poplava, gdje se numerički podaci ne prikazuju eksplicitno, već se područja označavaju kao visoko, srednje i nisko rizičnima. Njihov redoslijed je jasan, ali razmak između kategorija nije poznat (Dent i dr. 2009, Slocum i dr. 2009).

Intervalna razina uključuje poredak uz eksplicitno iskazanu numeričku razliku među kategorijama. Promatranja s numeričkim razlikama između intervala važna su u analizi jer su ti podaci potrebni za izvođenje statističkih testova. Jedinice na intervalnoj ljestvici su jednake; pretpostavlja se da je jedan stupanj na Celzijusovoj ljestvici isti bez obzira na to je li između 22 i 23 stupnja ili između 78 i 79 stupnjeva. Bitno je naglasiti da intervalna vrijednost među kategorijama, kao i njihova početna točka, nije prirodna već je rezultat dogovora te se smatra standardom (Dent i dr. 2009, Slocum i dr. 2009). Na primjeru temperature, u Celzijusovoj ljestvici nula označava točku prijelaza vode iz tekućeg u kruto agregatno stanje (točka ledišta), dok je na Fahrenheitovoj ljestvici nula najniža temperatura dobivena miješanjem soli i leda.

Poput intervala, mjerenje omjera uključuje poredak s poznatim udaljenostima koje razdvajaju kategorije. Razlika je u tome što su veličine omjera apsolutne i imaju poznatu početnu točku. U slučaju temperature, Kelvinova ljestvica je primjer prirodnog omjera jer nula predstavlja prestanak molekularnog gibanja. U tom slučaju može se reći da je temperatura od 40° K dvostruko toplija od 20° K (prema kinetičkoj energiji molekula) što nije slučaj u drugim temperaturnim ljestvicama (Dent i dr. 2009, Slocum i dr. 2009).

Količina informacija koje se mogu dobiti, statistička pouzdanost i snaga predviđanja rastu kako se napreduje od nominalnog do mjerenja omjera. Iz kartografske perspektive se smatra da su interval i omjer jednaki. Tematska karta generirana iz intervalnih podataka koristit će iste tehnike prikaza kao da je izrađena korištenjem podataka o omjeru. Upravo zbog toga te dvije razine često se objedinjuju i zajedno nazivaju numeričkim (kvantitativnim) podacima.



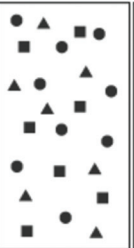




Opisanu podjelu prihvatili su razni autori (Dent i dr. 2009, Slocum i dr. 2009, Kraak i Ormeling 2010, Tyner 2010, Krygier i Wood 2016), a prema Slocumu i dr. (2009) najčešća je u geografskoj i kartografskoj literaturi.

4.2. Razine organizacije grafičkih varijabli

Učinkovit odabir kartografskih znakova zahtijeva usklađivanje karakteristika znakova s temeljnom prirodom objekta koji predstavljaju, posebno prostorne dimenzije i mjerne razine informacija prikupljenih za predstavljanje tog objekta (MacEachren 2004, Slocum i dr. 2009). Možda više nego bilo koji drugi atribut podataka, mjerna razina određuje koje su grafičke varijable prikladne ili neprikladne za upotrebu, a kartograf bi trebao osigurati konceptualno logično „podudaranje“ između njih (White 2017).

Budući da grafičke varijable služe za prenošenje određene poruke čitatelju karte, odnosno za naglašavanje atributa neke pojave koju kartografski znak predstavlja, njihovom klasifikacijom se kartografima olakšava izbor koju grafičku varijablu koristiti za prijenos neke informacije.

Prema Rothu (2017), načela perceptivne psihologije smatraju da se svaka grafička varijabla obrađuje u sustavu oko–mozak i utječe na upotrebu jedne varijable u odnosu na druge. Svaka grafička varijabla ima određena svojstva i bolje odgovara prikazu jedne informacije nego neka druga grafička varijabla. Autor navodi da je Bertin imenovao četiri takva načina na koje vizualna percepcija može utjecati na primjenu grafičkih varijabli u kartama i drugim vizualizacijama, opisujući ta četiri svojstva kao „razine organizacije“ (engl. *levels of organization*) (slika 2): asocijativna, selektivna, poredbena i kvantitativna.

LOKACIJA	VELIČINA	OBLIK	TON BOJE	JARKOST BOJE	ORIJENTACIJA	TEKSTURA
						
Selektivna Asocijativna Poredbena Kvantitativna	Selektivna Poredbena Kvantitativna	Asocijativna	Selektivna Poredbena Kvantitativna	Selektivna Asocijativna	Selektivna Asocijativna (ponekad)	Selektivna Asocijativna Poredbena (ponekad)

Slika 2. Grafičke varijable prema razini organizacije po Bertinu (prilagođeno prema URL 4).

Asocijativne grafičke varijable su one varijable koje se po značenju mogu smatrati jednakima ili jednakovrijednima, odnosno jednakih težina. To su one varijable koje dopuštaju oku da percipira sve asocijativne kartografske znakove kao skupinu, jednako. Budući da među njima nema razlika, asocijativne varijable omogućavaju oku da prati one varijable koje se ističu, tzv. disocijativne varijable. Za njih se smatra da jedna varijacija dominira vizualnom percepcijom, pri čemu oko prvo zamjećuje varijacije u odnosu na druge varijable. Bertin je smatrao lokaciju, oblik, orijentaciju, jarkost boje i teksturu asocijativnim

varijablama, a veličinu i ton boje disocijativnima.

Selektivne grafičke varijable omogućavaju oku pojedinačno razlikovanje varijacija određene grafičke varijable. To su one varijable čije se razlike u boji (npr. različito obojeni kvadrati iste veličine), kao i nijansi boje (npr. različito zatamneni krugovi istog promjera), orijentaciji, teksturi (npr. šahovsko polje različite veličine kvadrata) i veličini jasno raspoznaju. Oblik je jedina grafička varijabla koju je Bertin smatrao neselektivnom. Drugim riječima, lagano je uočiti distribuciju nekog kartografskog znaka na karti kada je prikazan selektivnom grafičkom varijablom.

Asocijativne i selektivne grafičke varijable se smatraju kvalitativnim varijablama.

Poredbene grafičke varijable se doživljavaju poretkom. To znači da se varijacija neke varijable može smatrati većom ili manjom, bilo da je riječ o veličini, tonu boje (tamnija ili svjetlija) ili teksturi (grublji ili finiji uzorak). Bertin je, uz spomenutu veličinu, ton boje i teksturu, i lokacijske varijable smatrao poredbenima. S druge strane, jarkost boje, orijentacija i oblik nekog kartografskog znaka ne može se poredati po važnosti, zato one nisu poredbene grafičke varijable.

Kvantitativna percepcija grafičkih varijabli nastavlja se na poredbenu omogućavajući numeričku procjenu varijacije grafičke varijable. To je moguće samo kod različitih veličina kartografskih znakova, dok se razlike u tonu boje ili teksturi ne mogu mjeriti bez tumača znakova. Lokacijska varijabla također se smatra kvantitativnom.

Morrison (1984) poistovjećuje mjerne razine informacija s razinama organizacije grafičkih varijabli. Spominje četiri razine koje smatra slične Bertinovima: nominalna, ordinalna, intervalna i omjerna. Doduše, u kontekstu kartografije spomenute četiri razine se mogu promatrati kao samo dvije: nominalna i ordinalna. Autor nominalnu razinu grafičkih varijabli povezuje s Bertinovim asocijativnim (diferencijalnim) varijablama, a ordinalnu razinu s Bertinovim poredbenim varijablama (slika 3).

<u>GRAFIČKA VARIJABLA</u>	<u>RAZINA ORGANIZACIJE</u>
OBLIK	ASOCIJATIVNA
VELIČINA	POREDBENA
BOJA: JARKOST BOJE	ASOCIJATIVNA
TON BOJE	POREDBENA
INTENZITET (ZASIĆENOST) BOJE	POREDBENA
UZORAK: TEKSTURA	POREDBENA
RASPORED	ASOCIJATIVNA
ORIJENTACIJA	ASOCIJATIVNA

Slika 3. Grafičke varijable s pripadajućim razinama organizacije (prilagođeno prema Morrisonu (1984)).

Prema Monmonieru (1991), grafičke varijable se razlikuju s obzirom koje osobine najbolje predstavljaju: kvalitativne ili kvantitativne. Oblik, teksturu i jarkost boje smatra varijablama koje najbolje odgovaraju prikazivanju kvalitativnih razlika među kartografskim znakovima, kao što su npr. upotrebe zemljišta ili rasprostiranje različitih religija. Kod prikazivanja kvantitativnih razlika, veličina kartografskog znaka najbolje prikazuje numeričke razlike (npr. broj kućanstava koja posjeduju televizor na nekom području), a nijanse sive boje predstavljaju razlike u intenzitetu (npr. postotak gledatelja televizora koji prati neku seriju ili emisiju). Orijehtacija se koristi kod prikazivanja kartografskih znakova koji predstavljaju vjetar, tijek migracije, rutu vojnika i druge događaje i pojave kod kojih je bitno usmjerenje.

Slocum i dr. (2009) obrađuju grafičke varijable kao kvalitativne i kvantitativne. Kvantitativne varijable su one koje bi trebale najbolje moći predstaviti ordinalne, intervalne i odnose omjera među znakovima, kao što su veličina, jarkost boje, ton boje, zasićenost boje, razmak i perspektivna visina. Kvalitativnim varijablama smatraju orijentaciju, oblik, uzorak i jarkost boje.

Kraak i Ormeling (2010) grafičke varijable dijele prema onim obilježjima koja najbolje prikazuju:

- razlike u broju i omjeru,
- razlike u udaljenosti,
- razlike u poretku,
- razlike u kvaliteti.

Ljudsko oko percipira razliku veličine kao numeričku razliku, te se promjena veličine (najčešće točkastog) kartografskog znaka koristi za prikaz objekata različite količine ili omjera. Promjenom tonaliteta boje ili promjenom veličine točkastog kartografskog znaka čija tekstura prekriva neku površinu na karti prikazuju se razlike u udaljenosti između klasa neke vrijednosti, a isto se može primijeniti i kod prikaza razlika u omjerima. Razlike poretka među određenom grupom kartografskih znakova mogu se uočiti promjenom veličine kartografskog znaka, razlikama u tonu boje, teksturom, kao i razlikama zasićenosti boje, dok se kvalitativne razlike primjećuju korištenjem različitih boja, oblika ili orijentacije kartografskog znaka.

Krygier i Wood (2016) također spominju da se prostorne komponente mogu razlikovati po kvaliteti (osobinama) i kvantiteti (količini), pa tako postoje i grafičke varijable koje bolje naglašavaju kvalitativne razlike među kartografskim znakovima u odnosu na kvantitativne, i obrnuto. Na jednostavnim vizualnim primjerima sugerirana je varijacija oblika, boje, zasićenja i teksture pri prikazu kvalitativnih razlika među kartografskim znakovima. S druge strane, kvantitativne razlike među prikazanim podacima najbolje se dočaravaju korištenjem različite veličine, nijanse boje ili teksture kartografskog znaka kojim se prikazuju.

5. Grafičke varijable kao element kartografike

Kartografika kao poseban sustav predstavlja način vizualne komunikacije, odnosno sredstva kartografskog izražavanja (Peterca i dr. 1974). Autori navode da na kartama u kartografiku ulaze osnovni geometrijsko-grafički elementi (točka, linija i površina) te kartografski znakovi koje, kada se primjenjuju za prikaz položaja i kvalitete objekta, nazivaju se signature. Kartografiku nadalje čine: rasteri, kojih je poseban slučaj višeton, što može poslužiti za zorni prikaz oblika reljefa, zatim kao samostalni element treba uključiti boju i pismo za opis imena i objekata na karti.

Prema Lovriću (1988), kartografika je sustav kartografskih znakova pomoću kojeg se može uobličiti informacije koje su poznate u sustav kartografskih znakova. U njega spadaju osnovni grafički elementi (točka, linija, površina), signature, dijagrami, višeton i pismo.

Frangeš (1998) vidi kartografiku kao način prikazivanja prostornih objekata na karti. Grafika karata, kako je imenuje, se može shvatiti kao poseban znakovni sustav koji čine kartografski znakovi i odnosi znakova čiji su primarni objekti kartografskog izražavanja:

1. formalno oblikovanje i međusobni odnosi znakova (sintaktička dimenzija),
2. odnosi znakova prema prikazanim objektima (semantička dimenzija) i
3. odnosi korisnika prema znakovima (pragmatična dimenzija).

U *Geodetsko-geoinformatičkom rječniku* (Frančula i Lapaine 2008) i *Kartografskom rječniku* (Frančula i dr. 2020) pojam kartografike naveden je kao znakovni sustav za prikaz prostornih objekata koji se sastoji od kartografskih znakova i međusobnog odnosa znakova, odnosa znakova prema prikazanim objektima te odnosa korisnika prema znakovima. Kao sastavni dijelovi kartografike nabrojani su: osnovni geometrijsko-grafički elementi, kartografski znakovi, rasteri, boja i pismo.

Budući da je u ovom radu prikazano kako sve grafičke varijable, a ne samo boja, utječu na opis objekata na karti, iskazivanje njihovih svojstava i prikazivanje informacija o njima, smatramo kako bi se sve grafičke varijable kao sredstvo oblikovanja grafičkih elemenata trebale smatrati elementom kartografike.

6. Zaključak

Tijek razvoja grafičkih varijabli nije bio linearan. Tijekom povijesti su se uglavnom smatrale općepoznatima, međutim određeni broj autora posvetio im je pažnju, skrećući pozornost na njihovo značenje i utjecaj koji mogu imati interpretacijom informacije koju prenose. Počevši od Bertinovih šest varijabli, a to su veličina, oblik, ton boje, jarkost boje, tekstura i orijentacija, autori koji su obrađivali grafičke varijable, osnovni skup su nadograđivali. Proces se razvijao usporedno s razvojem računalnih tehnologija, a s tim i postupkom izrade

samih karata. Tako su naknadno spominjane zasićenost boje, raspored uzorka, oštrina, rezolucija, prozirnost i perspektivna visina. U kontekstu dvodimenzionalnih statičnih karata te varijable predstavljaju osnovni skup varijacija kojima se prenose određene informacije. Njihova sistematizacija odgovara obilježjima koje najbolje predstavljaju u određenim situacijama.

Grafičke varijable svoju važnost reflektiraju u saznanju kako izbor kartografskih znakova implicira određene uzorke, skupine, redosljed i količinu. Semiotika je znanost koja se bavi značenjima. Budući da se grafičke varijable percipiraju osjetilom vida, njihovo shvaćanje može se razlikovati od osobe do osobe. Nije uvijek riječ o izboru jedne grafičke varijable u odnosu na drugu, jer mnoge strategije simbolizacije koriste više od jedne varijacije. Odabir različitih grafičkih varijabli za predstavljanje različitih aspekata iste informacije može uvelike utjecati na percepciju i razumijevanje prezentiranih informacija. Stoga je važno poznavati i prikladno koristiti karakteristike grafičkih varijabli pri izradi bilo kakvog vizualnog prikaza podataka jer čine osnovu kartografskog izražavanja.

„Knowing what visual variables are is useful. Knowing how to combine them creates meaningful cartography.“ (Field 2018).

Literatura

- Bertin, J. (1967): *Sémiologie graphique*, Gauthier-Villars, Paris.
- Bertin, J. (2011): *Semiology of graphics* (preveo W. J. Berg), University of Wisconsin Press, Madison.
- Dent, B. D., Torguson, J. S., Hodler, T. W. (2009): *Cartography: Thematic Map Design*, McGraw-Hill Higher Education, New York.
- Field, K. (2018): *Cartography: A Compendium of Design Thinking for Map-makers*, ESRI Press, Redlands, California.
- Frančula, N., Lapaine, M. (2008): *Geodetsko-geoinformatički rječnik*, Državna geodetska uprava, Zagreb.
- Frančula, N., Lapaine, M., Jazbec, I.-P. (2020): *Kartografski rječnik*, Hrvatsko kartografsko društvo, Naklada Dominović, Zagreb.
- Frangeš, S. (1998): *Grafika karte u digitalnoj kartografiji*, doktorska disertacija, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Halik, Ł. (2012): The analysis of visual variables for use in the cartographic design of point symbols for mobile Augmented Reality applications, *Geodesy and Cartography*, 61 (1), 19–30, doi:10.2478/v10277-012-0019-4.
- Kraak, M.-J., Ormeling, F. (2013): *Cartography: Visualization of Geospatial Data*, Pearson Education, London.
- Krygier, J., Wood, D. (2016): *Making Maps: A Visual Guide to Map Design for GIS*, Guilford Press, New York.

- Lovrić, P. (1988): *Opća kartografija*, Sveučilišna naklada Liber, Zagreb.
- MacEachren, A. M. (2004): *How Maps Work: Representation, Visualization and Design*, Guilford, New York.
- Monmonier, M. (1991): *How to Lie with Maps*, University of Chicago Press, Chicago.
- Morrison, J. L. (1984): Applied Cartographic Communication: Map Symbolization for Atlases, *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 21 (1), 44–84, doi:10.3138/x43x-4479-4g34-j674.
- Nelson, E. S. (1996): A review of *How Maps Work: Representation, Visualization, and Design* by Alan M. MacEachern, *Cartographic Perspectives*, no. 24 (Spring), 27–30, https://libres.uncg.edu/ir/uncg/f/E_Nelson_Review_1996.pdf, (28. 2. 2023.).
- Peterca, M., Radošević, N., Milisavljević, S., Racetin, F. (1974): *Kartografija*, Vojnogeografski institut, Beograd.
- Roth, R. E. (2017): Visual Variables, *The International Encyclopedia of Geography*, 1–11, doi:10.1002/9781118786352.wbieg0761.
- Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., Howard, H. H. (2009): *Thematic Cartography and Geovisualization*, Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Tyner, J. A. (2010): *Principles of Map Design*, The Guilford Press, New York.
- Tyner, J. A. (2014): *The World of Maps: Map Reading and Interpretation for the 21st Century*, The Guilford Press, New York.
- White, T. (2017): Symbolization and the Visual Variables, *The Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge (2nd Quarter 2017 Edition)*, John P. Wilson (ed.), doi:10.22224/gistbok/2017.2.3.

Mrežne adrese

- URL 1: International Cartographic Association, Definition of Cartography, <https://icaci.org/mission/>, (28. 2. 2023.).
- URL 2: Visual variables of Jacques Bertin, <https://s18798.pcdn.co/spatial/wp-content/uploads/sites/5209/2017/01/Visual-Variables-of-Jacques-Bertin.pdf>, (28. 2. 2023.).
- URL 3: Wikipedia, Visual variables, https://en.wikipedia.org/wiki/Visual_variable, (28. 2. 2023.).
- URL 4: Axis Maps, Cartography Guide, Visual Variables, <https://www.axismaps.com/guide/visual-variables>, (28. 2. 2023.).

Overview of Graphic Variables in Cartography

ABSTRACT. Graphical variables are differences in map elements perceived by the human eye. Cartographers use graphic variables to communicate complex information in a clear and concise manner. Numerous authors have written about the use of graphical variables in cartography, providing guidance on how to select the appropriate graphical variable for the type of data being presented, as well as the need to consider interactions between graphical variables when creating maps. Jacques Bertin was one of the first to emphasize the importance of selecting the appropriate graphical variable for the type of data being represented and the need to consider the interaction between them. He defined size, shape, color tone, color brightness, orientation and texture as basic graphic variables. Other authors continued to develop Bertin's work and identified several additional graphics variables, including color saturation, pattern arrangement, sharpness, resolution, transparency, and perspective height. This paper presents an overview of graphic variables from a cartographic perspective, emphasizes the importance of considering perceptual and cognitive factors that influence how people interpret graphic information, and provides guidelines for updating terminology in the Croatian language. Graphical variables are essential in cartography and data visualization design to represent differences in data. The use of appropriate graphical variables is essential to effectively communicate information to the target audience.

Keywords: Bertin, graphical variables, cartography, map graphics.

Primljeno / Received: 2023-03-01

Prihvaćeno / Accepted: 2023-03-24