

# ANAMORFOZE V TEMATSKI KARTOGRAFIJI

Gregor Sluga\*

## Povzetek

Anamorfoze so edinstveno kartografsko izrazno sredstvo, ki je v tematski kartografiji podcenjeno in redko uporabljeno. Bistveni vzroki za skromno razširjenost anamorfoz so slabo poznavanje njihovih teoretičnih osnov med kartografi in uporabniki ter nedosegljivost ustreznih tehnik in programskih orodij za njihovo izdelavo. Po pregledu obstoječih tehnik izdelave anamorfoz smo razvili lastno tehniko njihove izdelave in izdelali enotno programsko orodje za izdelavo anamorfoz z različnimi tehnikami. Lastna tehnika praviloma dosega boljše rezultate kot obstoječe tehnike in s tem prispeva k večji učinkovitosti prenosa informacij z anamorfozami. Enotno programsko orodje za izdelavo anamorfoz smo izdelali v široko razširjenem namizno-kartografskem okolju in s tem omogočili njegovo uporabo širšemu krogu izdelovalcev tematskih kart.

Ključne besede: anamorfoza, tematska kartografija, programsko orodje, deformacija, projekcija.

## Uvod

V tematski kartografiji za prikazovanje kvantitativnih pojavov znotraj prostorskih enot pogosto uporabimo metodo barvanja enot v različnih svetlostnih tonih enobarvne ali večbarvne lestvice. Temu pravimo prikazovanje pojavov po statistični ali koropletni metodi ali na kratko kartogram. Težava prikazov s kartogrami je nenamerno poudarjanje prostorskih enot z večjo ploščino ne glede na vrednost pojava. Človeško oko in um namreč zaznavata telesa predvsem na podlagi njihove ploščine (Cauvin et al., 1989). Drugače povedano, težave prenosa informacij so tam, kjer enote z večjimi vrednostmi pojava zaradi svoje majhnosti ne pridejo do izraza ali pa jih sploh ni videti. Takih primerov je veliko, saj enote praviloma niso dimenzionirane sorazmerno z izbranim pojavom. Izjema so pojavi, ki so v neposredni povezavi s površino prostorskih enot, na primer količina kmetijskih pridelkov, površina gozdnih površin in podobno.

Ena od možnih rešitev opisanih težav je dodaten izsek karte, ki prikazuje najbolj zgoščen del karte v večjem merilu. Rešitev med kartografi ni najbolj sprejeta, ker izsek težko miselno umestimo v izvorno karto. Boljša rešitev je metoda prikazovanja pojavov z anamorfozami<sup>1</sup>. Anamorfoze so karte z namerno deformacijo kartografske projekcije, s katero skušamo doseči določene vnaprej zastavljene cilje. Večinoma gre za prikaze s

---

\* mag. Gregor Sluga, univ.dipl.meteor, Inštitut za vode RS, Hajdrihova 28c, Ljubljana

<sup>1</sup> Anamorfoza [gr. anamorphosis-preoblikovanje] glede na optične zakone izmaličena ali varljiva risba, ki dobi ob določenih pogojih normalen videz (Veliki slovar tujk, CZ, 2002).

Izraz *anamorfoza* se za karte z namernimi deformacijami kartografske projekcije uporablja v francosko in rusko govorečih deželah. V angleško govorečih pa se uporabljajo izrazi *cartogram*, *value-by-area cartogram*, *diagrammatic map* ali na kratko *transformations*. V slovenski terminologiji izraz *kartogram* uporabljamo za poimenovanje različnih prikazov po prostorskih enotah. Termin *površinski kartogram* označuje tematske karte, ki prikazujejo pojav po statistični ali geometrični metodi. Izraza *kartogram* oziroma *cartogram* imata torej v slovenščini in angleščini različen pomen, zato za karte z namerno deformirano kartografsko projekcijo uporabljamo izraz *anamorfoza*.

predhodno deformacijo kartografske projekcije na način, da spremenimo ploščino prikazovanih prostorskih enot sorazmerno z vrednostjo izbranega kvantitativnega pojava. S spremembo ploščine prostorskih enot kodiramo oziroma zapišemo informacijo o vrednosti pojava. Kot rezultat dobimo karto, ki ima preko celotnega kartografskega območja enotno površinsko gostoto izbranega kvantitativnega pojava. Ploščine prostorskih enot na anamorfozi niso odvisne od ploščin enot na osnovni karti, temveč le od vrednosti izbranega pojava, ki ga z anamorfozo kodiramo. Prostorske enote z večjimi vrednostmi pojava imajo primerno večjo ploščino in so zato bolj poudarjene in obratno. S tem odpravimo bistveno pomanjkljivost tradicionalnih tematskih prikazov. Prednost anamorfoz je poudarjanje prostorske porazdelitve pojava in ne velikosti posameznih prostorskih enot.

Izdelava anamorfoz je kompleksna. Pomoč pri izdelavi iščemo v računalniških rešitvah, ki olajšajo zamudno in pogosto subjektivno ročno delo. Ob procesu prilagajanja ploščin danim podatkom pride do nezaželenega popačenja prostorskih enot. Naloga kartografa, izdelovalca anamorfoz, je minimiziranje spremembe oblik do te mere, da so prostorske enote in karta kot celota še vedno razpoznavne.

Anamorfoze v tematski kartografiji niso razširjene. Kartografi jih uporabljajo le v izjemnih primerih. Glavna vzroka za to sta dva. Prvi vzrok je dejstvo, da v razvoju anamorfoz še ni bila razvita tehnika izdelave anamorfoz, ki bi se zadovoljivo spopadla z ohranjanjem oblik enot ob procesu prilagajanja ploščin. V razvoju anamorfoz pozitivno izstopajo tehnike, ki so jih razvili Dougenik (Dougenik et al., 1985), Guseine-Zade, Tikunov (Guseine-Zade & Tikunov, 1993), Kocmoud (Kocmoud, 1997) in Keim (Keim et al., 2001). Drugi vzrok pa je težka dosegljivost že razvitih tehnik izdelave anamorfoz. Nerazširjenost anamorfoz je moč pripisati tudi šibkemu poznavanju teoretičnih osnov anamorfoz med kartografi in uporabniki in s tem nizkim interesom za njihovo uporabo.

Anamorfoze so uporabne v vseh primerih, ko želimo prikazati prostorsko porazdelitev kvantitativnega pojava. Če je pojav bolj povezan s ploščino prostorske enote, je bolje za osnovo uporabiti osnovno, nedeformirano karto. Uporaba anamorfoze v tem primeru ni smiselna. Primerni podatki, a hkrati zahtevnejši, za prikaz z anamorfozo so dramatični, ko ima majhna prostorska enota veliko vrednost pojava. V tem primeru pride anamorfoza kot izrazno sredstvo do izraza v polni meri.

V splošnem uspeh prenosa informacij z anamorfozami ni zagotovljen, odvisen je od (Dent, 1996):

- prepoznavanja oblik,
- ocenjevanja velikosti ploščin in
- spravljenih mentalnih slik bralca za poznavanje osnovne karte.

Predmete prepoznavamo na osnovi njihovih oblik. Za dvodimenzionalne karte velja, da like prepoznavamo po obliki obrisov njihovih meja (Dent, 1975). To je ključnega pomena za uspeh anamorfoze. Ocenjevanje velikosti ploščin je pomembno, saj lahko pride do napake ob prenosu informacije o vrednosti pojava. Na oceno velikosti posameznih enot najbolj vplivata oblika in velikost legende. Sporočilo anamorfoze bo uspešno prenešeno, če bo bralec zaznal razliko med anamorfozo in osnovno karto, kar pomeni, da mora imeti bralec osnovno karto vedno pred očmi. Uspeh anamorfoz kot komunikacijskega medija je v sposobnosti bralca, da rekonstruira vidno obliko na anamorfozi v sebi razpoznavno obliko. Zato je za neuke uporabnike nujno potrebno dodati pojasnilo, kaj sploh je anamorfoza in kako jo izdelamo. S tem preprečimo nepravilno interpretacijo anamorfoze.

## Lastna tehnika

Lastno tehniko izdelave anamorfoz smo osnovali na že obstoječi tehniki, ki sta jo razvila Guseine-Zade in Tikunov (Guseine-Zade & Tikunov, 1993). Opisana tehnika prilagajanja ploščin je po našem mnenju najbolj primerna zaradi več razlogov. Prvi je njena hitra konvergenca, drugi pa je dobra lokalna konformnost. Topološke napake osnovnega algoritma smo odpravili s sprotim preverjanjem in popravljanjem topoloških napak. Osnovnemu algoritmu smo dodali algoritem popravljanja oblik enot, ki smo ga delno prilagodili nekaterim lastnostim človeškega zaznavanja oblik.

Tehnika Guseine-Zade, Tikunov je primerna za izdelavo anamorfoz, saj teoretično in tudi v praksi dobro zadosti pogoju o prilagajanju ploščin. S to tehniko je povprečna napaka ploščin manjša od 10 %, v večini zmerno velikih primerov že po manj kot 10 iteracijah. Tudi ohranjanje oblike je na zavirljivem nivoju zaradi njene analitične izpeljave in lokalne konformnosti. Zaradi diskretne predstavitve modela (diskretne meje, diskretno reševanje enačbe) pride do napak in razhajanj od idealne analitične rešitve. Napake se pojavijo predvsem v topologiji in pri ohranjanju oblik prostorskih enot.

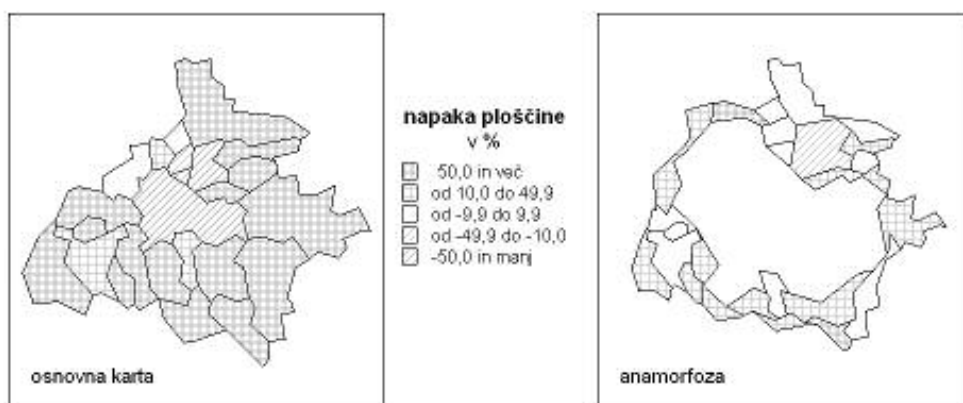
Tehniko Guseine-Zade, Tikunov smo nadgradili z algoritmom za popravljanje oblike prostorskim enotam. Idealni položaj točke-vozla določimo na osnovi dveh bistvenih lastnosti oblike prostorske enote. Prva lastnost je razmerje dolžine stranic glede na obseg prostorske enote, druga lastnost pa je orientacija posameznih stranic v prostorski enoti. V primeru, ko bi imela transformirana prostorska enota enaka razmerja med dolžinami stranic in enake orientacije stranic kot netransformirana enota, bi bili enoti podobni, kar je cilj ohranjanja oblike. Ker je za vsako lastnost ohranjanja oblike idealni položaj drugje, za popravljanje skupne oblike uporabimo uteženo povprečje popravkov in s tem kompromisno rešitev. V primeru, da je vozle hkrati vozle dvema ali več prostorskim enotam, moramo vektorsko sešteti vse prispevke. Za doseganje boljših vizualnih rezultatov ohranjanja oblike v našem algoritmu prispevke seštejemo uteženo. Prispevke utežimo glede na vrednost pojava, ki je pripisan prostorski enoti. S tem postopkom so posledično večje enote oblikovno pravilnejše od manjših. Vizualno nam utežitev nudi boljše rezultate, saj so večje enote bolj vpadljive in je prav, da so oblikovno pravilnejše.

Izdelave anamorfoze se lotimo v korakih. Kot prva je potrebna generalizacija prostorskih enot, ki močno pripomore k zmanjšanju računskega časa. Generaliziramo do te mere, da so enote še vedno dobro razpoznavne in ohranijo bistvene oblikovne poteze. Sledi izmenično prilagajanje površin in popravljanje oblik. Ob vsakem premiku vozlov poženemo algoritem za odkrivanje in popravljanje topoloških napak. Postopek ponavljamo, dokler ni dosežen rezultat, ki ga ni mogoče dosti izboljšati.

Z izmeničnim prilagajanjem ploščin in popravljanjem oblik smo dovršili tehniko, ki je po našem mnenju boljša od obstoječih. Prednosti se kažejo predvsem v rezultatih na sistemih večjih razsežnosti in pri sistemih z večjimi skoki v gostoti izbranega pojava. Bistvena prednost so večji uspehi pri ohranjanju oblik, ki ohranjajo prostorske enote in tudi karto kot celoto prepoznavne. Lastna tehnika ima le dve pomanjkljivosti. Prva je, da so časi izdelave anamorfoz za kompleksnejše sisteme precej dolgi. Druga pa je, da je natančnost prilagajanja ploščin v primeru kompleksnejših sistemov skromna. Teorija pravi, da ni mogoče oboje, hkratno natančno prilagajanje ploščin in natančno ohranjanje oblik (Keim et al., 2001). Menimo, da naša tehnika ponuja najboljši kompromis med obema vidikoma natančnosti in s tem največjo sporočilno vrednost anamorfoze.

## Rezultati

Za testni sistem smo izbrali generalizirane obrise mej občin osrednjeslovenske statistične regije. Gre za sistem 24 poligonov (304 vozlov) z zelo ostrimi prehodi v gostoti izbranega pojava, števila prebivalstva. Sistem bo realno pokazal uporabnost lastne tehnike anamorfoz, saj lahko večino enostavnih tematskih kart predstavimo s podobno velikim sistemom. Težava sistema je, da se morata občini Ljubljana in Domžale zaradi velike gostote prebivalstva izjemno povečati, vse ostale občine pa zaradi manjše gostote prebivalstva pomanjšati. Ker je občina Ljubljana v središču osnovne karte in se mora topologija med enotami ohranjati, se v določeno smer raztegnejo tudi okoliške enote, ki pa bi se morale pomanjšati. Opisani problem še posebej otežuje ohranjanje oblike.



Slika 1 - Napake ploščine na osnovni karti in anamorfozi, narejeni z lastno tehniko.

Napake ploščine na osnovni karti so očitne (Slika 1), večino prostorskih enot je potrebno povečati ali pomanjšati za več kot 100 %. Izdelana anamorfoza napake zadovoljivo zmanjša ob zglednem ohranjanju oblik. Prepoznamo lahko vse pomembnejše občine. Nekatere manjše in obrobne občine so manj razpoznavne zaradi večjih popačenj, ki so posledica ohranjanja topologije.

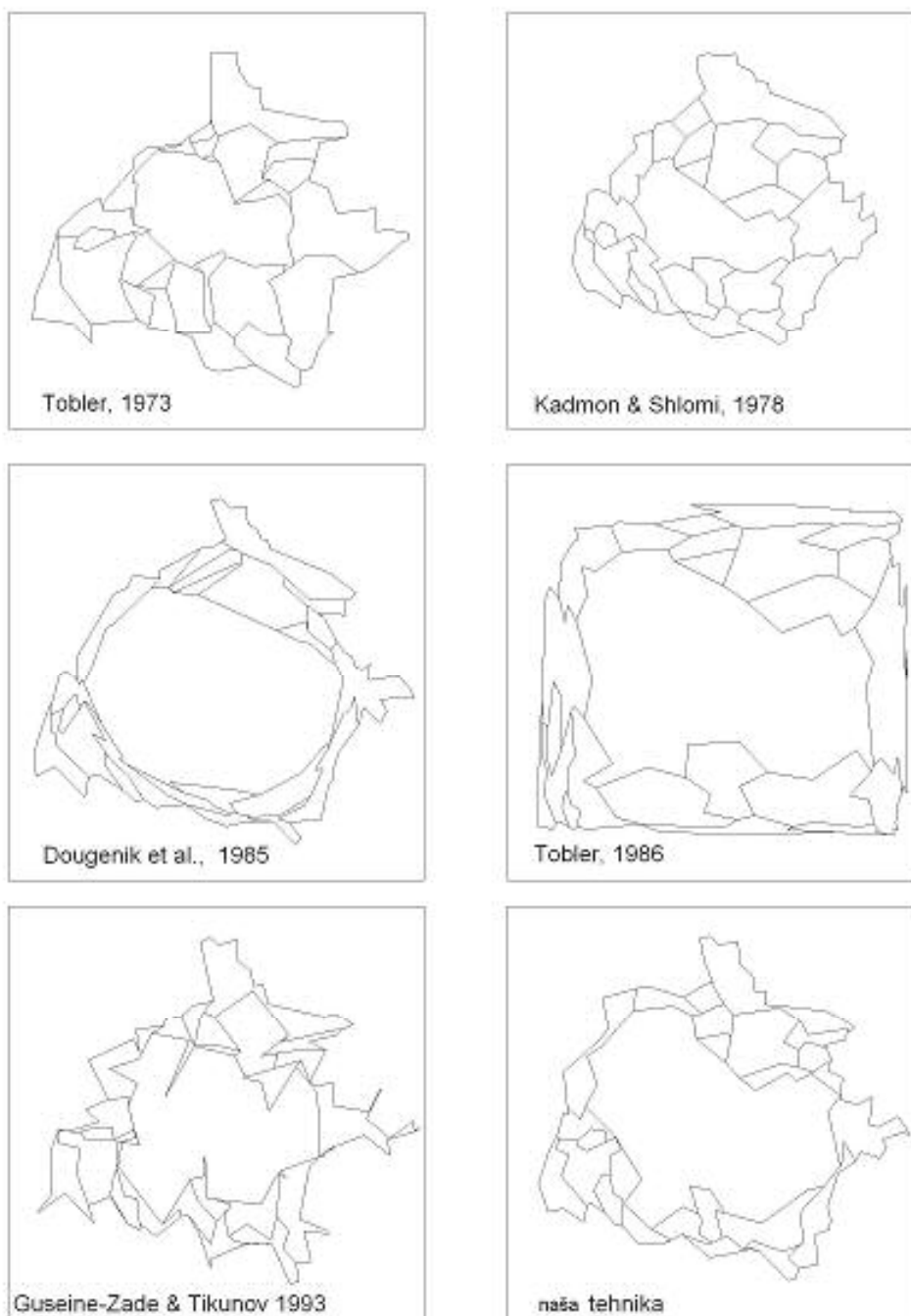
napaka ploščine (osnovna karta 131,8 %)	19,30%
napaka orientacije stranic	26,5°
napaka razmerja dolžin stranic	28,50%
utežena napaka ploščine (osnovna karta 95,6 %)	11,70%
utežena napaka orientacije stranic	23,9°
utežena napaka razmerja dolžin stranic	26,50%

Preglednica 1 - Napake izdelane anamorfoze za testni primer.

Tudi numerični podatki (Preglednica 1) kažejo, da je oblikovno naša rešitev zadovoljiva. Utežena povprečna napaka ploščin je zelo blizu 10 %, kar je še sprejemljivo (Dent, 1975).

Primerjava rezultatov različnih tehnik izdelave anamorfoz (Slika 2) nazorno prikazuje težavnost primera in razmeroma neuspešne poizkuse izdelave anamorfoz v preteklosti.

Primeri so podani kronološko. Prav vse tehnike sliko bistveno bolj deformirajo kot jo rezultat naše tehnike. Nekaterim tehnikam sicer uspe bistveno zmanjšati napako ploščine, a to le na račun večjih popačitev. Testni primer kaže uspešnost naše tehnike pri iskanju dobrega kompromisa med kodiranjem pojava in popačitvami. Boljše ohranjanje oblike pri večjih prostorskih enotah se izkaže za vizualno učinkovito.



Slika 2 - Primerjava rezultatov različnih tehnik izdelave anamorfoz za testni primer

## Zaključek

Anamorfoza prenese informacije brez generalizacije in pri tem pogosto naredi vidno, kar je prikrito, kar si je na tradicionalni tematski karti težko predstavljati ali videti (Dorling, 1994). Zaradi enakomerne ploskovne gostote izbranega pojava na anamorfozi se pokažejo prostorski vzorci, ki jih drugače ne bi mogli opaziti in jih pravilno analizirati. Anamorfoza je nenavadna slika, ki povečuje sposobnost prenosa informacij tematske karte in je zato njena uporaba v tematski kartografiji upravičena (Dent, 1996).

Anamorfoze se večinoma uporabljajo za prikaze prostorske razporeditve socio-ekonomskih in demografskih pojavov. Uporabo pa lahko razširimo tudi na področja geofizike, kjer se je klasična tematska kartografija že udomačila. Predstavljamo si anamorfoze emisij, anamorfoze povprečne višine snežne oddeje, anamorfoze žarišč potresnih sunkov, anamorfoze različnih klimatoloških podatkov na osnovi občin, hidrografskih območjih, povodjih in drugih primernih enotah. Vsekakor uporaba anamorfoz v geofiziki ni namenjena predstavitvi prostorske porazdelitve pojavov široki javnosti, ampak lahko služi za boljšo prepoznavnost prostorskih vzorcev in razporeditev pojavov pri analizah in študijah pojavov. Primer analize pogostosti pojavljanja močnejših neviht s točo v prostoru enakomerne površinske gostote obratne vrednosti občutljivih kmetijskih površin (anamorfoza obratne vrednosti) bi gotovo olajšal določitev kritičnih mest, kjer so vlaganja v ukrepe zoper toče smiselni (postavitev radarja, uporaba mrež, saditev manj občutljivih kultur, izstrelišča za rakete proti toči, ...).

## Literatura

- Cauvin C., Schneider C., Cherrier G., 1989.** Cartographic Transformations and the Piezopleth Maps Method, *The Cartographic Journal*, Vol. 26, 1989, str. 96-104.
- Dent B.D., 1975.** Communication Aspects of Value-by-Area Cartograms, *The American Cartographer*, Vol. 2, No. 2, 1975, str.154-168.
- Dent B.D., 1996.** Cartography Thematic Map Design, str. 202-216.
- Dorling D., 1994.** Cartograms For Visualizing Human Geography, *Visualization in Geographical Information Systems*, John Wiley and Sons, Chichester, str. 85-102.
- Dougenik J.A., Chrisman R.N., Niemeyer D.R., 1985.** An Algorithm to construct Continuous Area Cartograms, *The Professional Geographer*, Vol. 37, No. 1, 1985, str. 75-81.
- Gusein-Zade S.M., Tikunov V.S., 1993.** A New Technique for Constructing Continuous Cartograms, *Cartography and Geographic Information Systems*, Vol. 20, No. 3, 1993, str. 167-173.
- Kadmon N., Shlomi E., 1978.** A Polyfocal Projection for Statistical Surfaces, *The Cartographic Journal*, Vol. 15, No. 1, 1978, str. 36-41.
- Keim D.A., North S.C., Panse C., 2001.** CartoDraw: A Fast Algorithm for Generating Contiguous Cartograms, AT&T Shannon Laboratory, Florham Park, NJ, USA, [www.research.att.com/~north/papers/01/KNP01.pdf](http://www.research.att.com/~north/papers/01/KNP01.pdf), str. 32.
- Kocmoud C.J., 1997.** Constructing Continuous Cartograms: A Constraint-Based Approach, Thesis, Texas A&M University, 1997, str.114.
- Tobler W.R., 1973.** A Continuous Transformation Useful For Districting, *Annals of the New York Academy of Sciences*, Vol. 219, No. 9, 1973, str. 215-220.
- Tobler W.R., 1986.** Pseudo-Cartograms, *The American Cartographer*, Vol. 13, No.1, 1986, str. 43-50.