

PRIMERJAVA OBRAZOV Z GEOMETRIJSKO MORFOMETRIJO

Tina Klenovšek

Oddelek za biologijo

Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Univerza v Mariboru

E-pošta: tina.klenovsek@uni-mb.si

POVZETEK: *Geometrijska morfometrija je v biologiji, antropologiji in paleontologiji uveljavljena biometrična metoda. Zaradi široke uporabnosti in vse bolj enostavnih ter dostopnih morfometričnih programov, nosi potencial za osebno laično uporabo ali celo kot aplikacija v zabavni industriji, prenosnih telefonih in spletu. V prispevku je kot primer uporabe geometrijske morfometrije predstavljena primerjava obrazov medijskih osebnosti.*

1. UVOD

Ljudje smo posamezniki z unikatnimi fiziološkimi in osebnostnimi značilnostmi. Na biološkem nivoju ima razen enojajčnih dvojčkov vsaka oseba edinstven dedni zapis, iz katerega sledi vrsta telesnih značilnosti, ki omogočajo osebno identifikacijo. Z biometričnimi metodami lahko poleg dednega zapisa ljudi identificiramo še na podlagi prstnega odtisa, odtisa dlani, obraznih značilnosti, šarenice, geometrije roke, glasu, vonja in drugih telesnih značilnosti. Sicer se ljudje v vsakodnevnikih interakcijah prepoznavamo predvsem po obrazu. Sposobnost prepoznavanja oseb iz obraznih značilnosti nam je prirojena kot tudi pridobljena. Prirojena zato, ker je rezultat razvoja človeške vrste v smeri preživetja posameznikov v socialni družbi. Da je delno v življenju tudi pridobljena, pa kaže dejstvo, da predstavnike lastne rase lažje prepoznamo in ločimo med seboj v primerjavi z drugo raso. Vzrok za to, da se ljudje prepoznavamo predvsem po obrazih, je najbrž kombinacija dejstev, da so ostala čutila pri človeku v primerjavi z drugimi sesalci slabo razvita (sluh, voh) in da ljudje živimo v socialnih skupnostih, kjer vid omogoča hitro identifikacijo množice oseb brez bližnjega srečanja.

V globaliziranem in avtomatiziranem svetu informacijske tehnologije človekovo edinstveno sposobnost prepoznavanja obrazov raziskovalci že nekaj desetletij poskušajo nadomestiti oziroma posnemati s t.i. računalniškim vidom. Metod in tehnologij je veliko, a za enkrat še nobena ni tako učinkovita kot človeški možgani. Drug vidik identifikacije oseb s pomočjo računalniške tehnologije pa je primerjava obrazov. Medtem ko z identifikacijo obrazov ljudje nimamo večjih težav, je s primerjavo drugače. Težko namreč natančno določimo in opišemo obrazne značilnosti, v katerih sta si dve osebi podobni oziroma različni. Problem nastane predvsem, kadar so te razlike majhne (osebe iste rase, spola, starosti) in kadar ne opisujemo samo barve (kože, oči) oziroma velikosti

obraznih delov, temveč tudi obliko in razmerja. Take primerjave so ponavadi subjektivne in temeljijo zgolj na naših občutkih in domnevah.

Ker smo ljudje družbena in vizualna bitja, sebe in druge nenehno podzavestno opazujemo in ocenjujemo po zunanjem izgledu in s tem ugotavljamo tudi svoj družbeni položaj. Čeprav je obraz samo del zunanje podobe, predstavlja njen ključni del predvsem zaradi identifikacijske funkcije. Ljudi je podzavestno zmeraj zanimalo in vznemirjalo vprašanje, komu so podobni oziroma kdo je podoben njim. So otroci bolj podobni mami, očetu, starim staršem in v čem? Res spominjamo na zvezdnika, s katerim nas primerjajo? Komu, če sploh komu, smo res podobni? Na ta in podobna vprašanja lahko odgovorimo z geometrijsko morfometrijo. Ta ponuja matematično natančne odgovore in hkrati omogoča primerjavo obrazov na preprost in razumljiv način. Tako preprost, da ga lahko ponovi skoraj vsak. Namen tega prispevka je torej na kratko predstaviti uporabo in primer primerjave obrazov s pomočjo metod geometrijske morfometrije v programu MorphoJ [1].

2. MATERIAL IN METODE

Za primerjavo obrazov potrebujemo bazo fotografij. Zaradi enostavnosti in aktualnosti sem uporabila fotografije obrazov znanih osebnosti (pevci, igralci, politiki), ki so dostopne na internetu. V analizo sem vključila fotografije 20 moških in 19 žensk, ki sem jih obravnavala skupaj ali ločeno. Tema dvema skupinama obrazov se lahko dodajajo novi obrazi in se primerjajo s skupino ali posameznimi obrazi.

Geometrijska morfometrija [2] omogoča zajemanje geometrije morfoloških struktur in ohranjanje informacije o relativnih prostorskih razporeditvah podatkov skozi celotno analizo, s tem pa vizualizacijo skupinskih in individualnih razlik, vizualizacijo variabilnosti vzorca in drugih odnosov v oblikovnem prostoru. Ena izmed možnosti iz široke palete uporabnosti geometrijske morfometrije je tudi primerjava obrazov, ki so v bistvu morfološke strukture. Spodaj so na kratko predstavljene metode, ki sem jih uporabila.

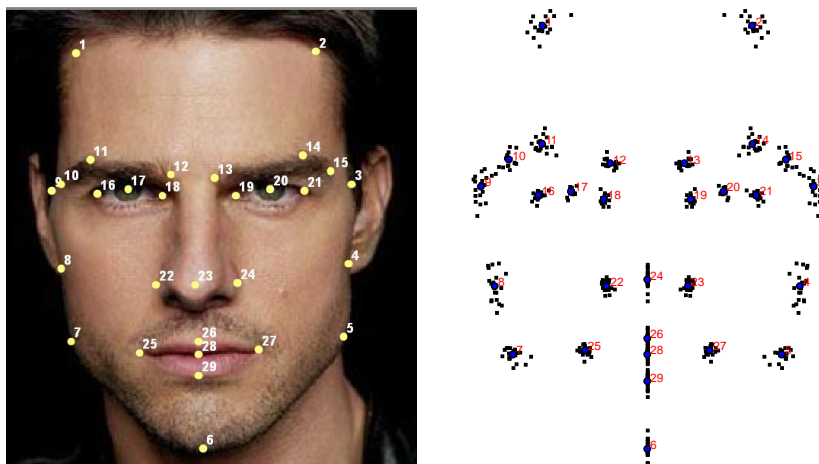
2.1 Fotografiranje

Pri fotografiranju obrazov za analizo z geometrijsko morfometrijo je zaželeno, da vse objekte fotografiramo pod enakimi pogoji. To pomeni, pri enaki ločljivosti slike ter enaki razdalji objekt – fotoaparata. Če to ni mogoče, pri vsaki fotografiji k objektu priložimo merilo. Pazimo na pravilen položaj obraza, ta ne sme biti nagnjen v stran, nazaj ali naprej. Obraz mora biti čim bolj brezizrazen in vsi deli obraza morajo biti dobro vidni. Kljub temu, da je obraz 3D struktura, lahko s pravilno fotografijo zajamemo glavne obrazne značilnosti.

2.2 Izbira in določanje oslonilnih točk

Na vsaki fotografiji sem določila 29 točk, s katerimi sem opisala glavne obrazne značilnosti z nizom kartezijskih (x,y) koordinat (slika 1). Pomembno je, da točke

postavljamo na homologne strukture, pri vsakem objektu na enako strukturo na enakem mestu. Pazimo, da točke postavljamo zmeraj v istem vrstnem redu in zmeraj isto število točk. Točke sem določila v programu TpsDig2 [3].



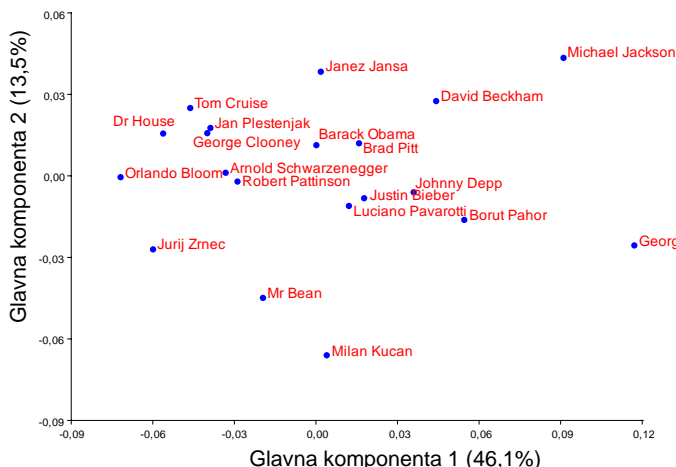
Slika 1: 29 oslonilnih točk, ki opisujejo glavne obrazne značilnosti na obrazu (levo) in poravnane točke (desno) za celoten vzorec zrcaljene čez ravnino simetrije, da dobimo povprečje leve in desne polovice obraza.

2.3 Poravnava objektov

Osebkje oziroma konfiguracije koordinat moramo pred analizo poravnati s posplošeno Procrustovo analizo (GPA), ki izloči razlike med objekti, ki nastanejo med procesom digitalizacije. GPA konfiguracije točk premakne, zavrti in skalira, tako da je vsota kvadratov razlik na koncu v vzorcu minimalna. Produkt GPA so oblikovne koordinate z geometrijsko informacijo o konfiguraciji oslonilnih točk brez velikosti, položaja in usmerjenosti ter centroidna velikost, ki jo lahko uporabimo kot merilo splošne velikosti objektov. Ker so bili obrazi fotografirani pod različnimi pogoji in ker slike niso imele dodanega merila, centroidne velikosti nisem mogla uporabiti. Po GPA predstavlja vsak osebek točko na ukrivljenem Kendallovem oblikovnem prostoru. Za tradicionalne statistične analize je potrebno osebkje iz oblikovnega prostora projicirati na tangentni Evklidski prostor, da dobimo t.i. oblikovne spremenljivke primerne za nadaljnje analize. Ker je obraz simetričen objekt, lahko za analizo uporabimo povprečje leve in desne polovice obraza (slika 1). Kadar nas zanima asimetrija obraza, polovici obravnavamo ločeno.

2.4 Analiza glavnih komponent

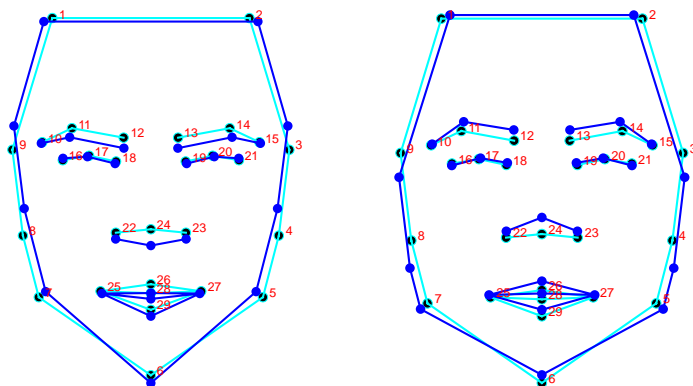
Oblikovne spremenljivke vpeljemo v analizo glavnih komponent, ki poišče nove spremenljivke, imenovane glavne komponente. Glavne komponente so linearne kombinacije opazovanih spremenljivk, ki so med seboj neodvisne (so ortogonalne) in urejene po deležu pojasnjene variance. Ker prve glavne komponente razložijo največji del skupne variance, lahko za ogled variabilnosti v vzorcu uporabimo razsevne diagrame prvih nekaj glavnih komponent (slika 2 in 4).



Slika 2: Razsevni diagram prve in druge glavne komponente prikazuje razporeditev obrazov moških medijskih osebnosti v oblikovnem prostoru in razloži 59,6% celotne variabilnosti v vzorcu.

2.5 Prikaz razlik med obrazi

Interpolacijska funkcija TPS (ang. *thin plate spline*) omogoča prikaz razlik v obliki kot deformacije med oslonilnimi točkami na deformacijski mreži [4]. Z deformacijskimi mrežami in črtnimi grafi lahko prikažemo spremembe v obliki vzdolž posameznih glavnih komponent, to je med negativnimi in pozitivnimi vrednostmi na osi posamezne glavne komponente (slika 3), ter med povprečnimi oblikami različnih skupin osebkov. Tako lahko primerjamo in opišemo relativne razlike v obliki obraza med posamezniki ali skupinami.



Slika 3: Razlike v obraznih značilnostih, ki jih opisuje prva glavna komponenta (slika 2). Temno modra barva prikazuje obraze z negativnimi (- 0,1; levo) in pozitivnimi (0,1; desno) vrednostmi na prvi glavni komponenti. Svetlo modra barva je povprečje (glavna komponenta 1 = 0).

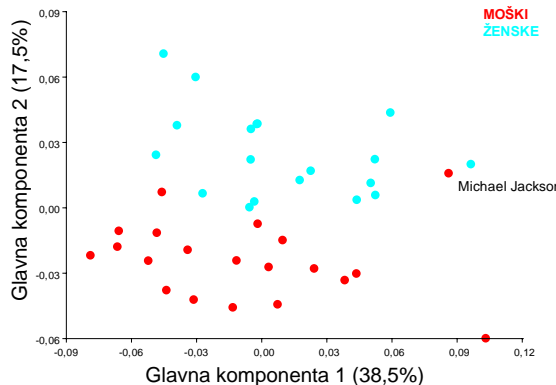
2.6 Permutacijski test

Za ugotavljanje statistično značilnih razlik med skupinami lahko kot alternativno metodo parametričnim testom uporabili permutacijski test. Permutacijski test ne predpostavlja normalne porazdelitve podatkov in homogenosti kovariančne matrike, zato je manj občutljiv na razlike v velikosti vzorcev in na veliko število spremenljivk v primerjavi s številom osebkov v vzorcu.

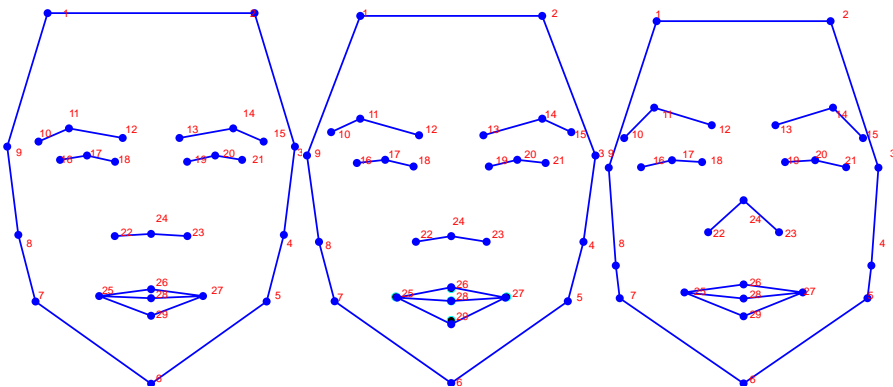
3. REZULTATI

Najprej sem glede na razpršenost poravnanih točk okrog povprečja (slika 1) ocenila ustreznost točk. Točke, ki razen tistih na simetrijski ravnini nimajo sferične razpršenosti (npr. točke 3, 4, 8, 9), so preveč variabilne in jih je v resni raziskavi dobro izključiti. Nato sem pregledala razsevni diagram glavnih komponent (slika 2) in ugotovila, da je v vzorcu vsaj en potencialni osamelec (npr. George Bush). V takem primeru je dobro preveriti, če gre za napako pri zajemanju podatkov ali za naravno biološko variabilnost. Z vizualizacijo razlik v obliki vzdolž prve glavne komponente (slika 3) lahko ugotovimo, katere obrazne značilnosti so v vzorcu najbolj variabilne. V našem primeru so to lične kosti in položaj ušes glede na ostale dele obraza (točke 3, 4, 8, 9), širina spodnje čeljusti (točki 5 in 7), notranji rob obrvi (točki 12, 13) in položaj konice nosu (točka 24). Glede na razdalje med osebki v razsevni diagramu lahko sklepamo na podobnost obrazov, pri tem pa ne smemo pozabiti, da diagram razloži le del celotne variabilnosti; prvi dve glavni komponenti v našem primeru skoraj 60%. Če želimo upoštevati vse razlike, lahko posamezen obraz primerjamo s povprečnim obrazom celotnega vzorca ali z določenim obrazom iz vzorca. V parih lahko primerjamo tudi povprečne obraze posameznih vzorcev. Ker sem vzorec obrazov glede na spol razdelila v dve skupini, sem lahko analizirala spolni dimorfizem. Ugotovila sem, da se obrazi moških in žensk izrazito ločijo med seboj vzdolž druge glavne komponente (slika 4), ki razloži 17,5% celotne

variabilnosti. Zanimivo je, da izstopa Michael Jackson, ki ima v primerjavi z ostalimi moškimi nekoliko višje vrednosti na osi druge glavne komponente. Iz tega bi lahko sklepali, da je v obraznih značilnostih, ki so očitno pod vplivom spola, bolj podoben ženskam kot moškim. V resnih raziskavah moramo zmeraj preveriti, če so razlike med skupinami tudi statistično značilne. Uporabila sem permutacijski test (1000 permutacij), ki pa ni pokazal, da bi bile razlike med moškimi in ženskami statistično značilne ($p = 0,0786$). Test sem ponovila, potem ko sem izključila dva osamelca v vzorcu (George Bush in Michael Jackson). Razlike so bile tokrat statistično značilne ($p = 0,0150$). Za konec sem naredila še primerjavo povprečnega moškega in ženskega obraza ter obraza Michaela Jacksona (slika 5).



Slika 4: Razsevni diagram prve in druge glavne komponente prikazuje razporeditev moških in ženskih obrazov v oblikovnem prostoru in razloži 56% celotne variabilnosti v vzorcu.



Slika 5: Primerjava povprečnega moškega (levo), ženskega (sredina) in obraza Michaela Jacksona (desno).

4. ZAKLJUČEK

Geometrijska morfometrija se v biologiji široko uporablja za analize filogenije, evolucije, sistematike, ontogenije in ekologije živali ter rastlin, kot tudi v paleontologiji

in medicini. Morda bo zaradi vse bolj uporabniku prijaznih in brezplačno dostopnih programov kmalu postala zanimiva tudi širšemu krogu uporabnikov ali v drugi obliki kot zabavna aplikacija pri spletnih ponudnikih kot je Facebook, Google in drugi. Prav gotovo pa ima primerjava obrazov za zabavo velik potencial in bo, ko bo nekoč dostopna na spletu, ljudi absolutno navdušila, če ne celo zasvojila.

LITERATURA

1. C. P. Klingenberg (2011), MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics, *Mol. Ecol. Res.*
2. F. J. Rohlf, L. F. Marcus (1993), A revolution in morphometrics, *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 8, str. 129-132.
3. F. J. Rohlf (2010), TpsDig Version 2.15, Department of Ecology and Evolution, State University of New York.
4. F.L. Bookstein (1991), *Morphometric tools for landmark data*, Cambridge University Press, Cambridge.