

Provjera valjanosti algoritma računalnog vida u postupku delineacije ljudskih lica

Benjamin Banai

Banai analitika, Strossmayerova 341, 31000 Osijek
Korespondencija: benjamin.banai@gmail.com

Sažetak: Psihološka istraživanja koja uključuju antropometrijske mjere ili eksperimentalne manipulacije ljudskih lica, korištena su za testiranje hipoteza vezanih uz socijalnu percepciju različitih atributa poput privlačnosti, zdravlja, kompetentnosti ili pouzdanosti na temelju oblika i izgleda ljudskoga lica. Čest, i vremenski zahtijevan korak pri ovakvim istraživanjima je tzv. delineacija, odnosno postavljanje fiducijalnih markera na standardizirana i istaknuta anatomska obilježja lica. Tradicionalno, istraživači se za provođenje ovog koraka oslanjaju na ljudske procjenjivače. U ovom radu testira se opravdanost korištenja algoritama računalnog vida u provođenju delineacije ljudskoga lica. Korištena je standardizirana i istraživački validirana baza lica *Chicago Face Database*, koja uz visoko kvalitetne fotografije ljudskih lica različite etničke pripadnosti, u validacijskom setu podataka prikazuje i niz antropometrijskih obilježja koje su odmjerili ljudski procjenjivači. Na navedenoj bazi fotografija ljudskih lica provedena je delineacija pomoću *Face++* servisa računalnog vida. Konvergentna valjanost procjena računalnog algoritma u odnosu na ljudske procjene testirana je pomoću niza koeficijenata korelacije. Utvrđeno je da je algoritamski provedena delineacija u visokoj mjeri istovjetna onoj koju su proveli ljudski procjenjivači, te se u raspravi argumentira mogućnost primjene ovih nalaza u praksi psiholoških istraživanja.

Ključne riječi: ljudsko lice, računalni vid, delineacija, validacija

Uvod

Ispitivanje anatomske obilježja lica izrazito je kompleksna procedura koja zahtijeva visok vremenski angažman, što uvelike doprinosi manjem broju istraživanja u ovom području. Međutim, prepoznavanje lica izrazito je važna tema, prisutna u različitim granama psihologije, koja se ne bi smjela zanemarivati samo zbog metodološke zahtjevnosti. Stoga je cilj ovog rada ispitati može li se složena metodologija

koja podrazumijeva intenzivan angažman ljudi učinkovito zamijeniti s računalnim vidom, podvrstom umjetne inteligencije usmjerene na interpretaciju vizualnih sadržaja.

Ljudsko lice vjerojatno je najbogatiji izvor informacija u neverbalnoj komunikaciji (Little i sur., 2011), a stvaranje dojma o drugim osobama na temelju njihova lica brz je i implicitan proces (Todorov, 2017). Ljudi su iznimno uspješni u prepoznavanju karakteristika drugih ljudi, poput spola, dobi ili rase, na teme-

lju oblika, teksture ili boje lica. Osim toga, na temelju lica stvara se i niz drugih dojmova o drugim osobama, primjerice o privlačnosti (Tsikandilakis i sur., 2019), zdravlju (Axelsson i sur., 2018) ili potencijalnoj prijetnji (Geniole i sur., 2015).

Socijalna percepcija ljudskog lica kompleksna je i ovisi o interakciji složenih čimbenika, poput oblika lica, boje lica, teksture kože, te na koncu i facijalne ekspresije, što sve utječe na konačno formirani dojam. Primjerice, percipirana privlačnost povezuje se s kombinacijom širokih očiju, ženstvenosti, zdravog tona kože te licem koje signalizira mlađu životnu dob (Vernon i sur., 2014), percipirana kompetentnost povezuje se s privlačnosti, muževnosti (obilježja poput šire čeljusti) i starijom životnom dobi (Oh i sur., 2019), a osobe s tipičnijim licima, odnosno onim oblikom lica koje je bliže prosječnom licu, percipirane su kao pouzdanije (Ryali i sur., 2020).

Konceptualno, u ovom istraživačkom području ugrubo je moguće identificirati dva smjera iz kojih istraživači pristupaju osmišljavanju istraživačkih nacрта (Jones i sur., 2023). Prvi je onaj utemeljen na teoriji, unutar kojega se provode dominantno eksperimentalna istraživanja, unutar kojih se obilježja lica računalno manipuliraju kako bi u većoj ili manjoj mjeri reflektirala obilježje koje je od istraživačkog interesa (primjerice kompetentnost, privlačnost ili pouzdanost). Drugi istraživački pristup je onaj temeljen na podacima, unutar kojega se kvantificiraju obilježja stvarnih lica, u dvo- ili trodimenzionalnom koordinatnom sustavu, pri čemu lica nisu računalno manipulirana. Na temelju kvantificiranih obilježja lica računa se njihova povezanost sa socijalnom percepcijom različitih obilježja ili drugim ishodima iz stvarnoga svijeta. Iako su ta dva pristupa fundamentalno različita, u praksi ih trebamo sagledavati kao komplementarne, s obzirom na to da s različitih teorijskih i metodoloških pozicija adresiraju ista istraživačka

pitanja. Ujedno, ta dva pristupa imaju i zajednički metodološki aspekt, delineaciju, koji je centralni fokus ovoga rada.

Delineacija je naziv za metodu kojom se neki oblik (u ovom konkretnom primjeru ljudsko lice) mapira pomoću fiducijalnih markera, odnosno postavljanja standardiziranih točaka koje u koordinatnom sustavu označavaju položaj standardiziranih obilježja proučavanog oblika. Primjerice, fiducijalni markeri koji se koriste za opisivanje ljudskog lica mogu biti krajnja točka očiju ili usta, centralna točka zjenice oka ili vrh nosa. Rezultat takvog mapiranja je popis koordinata fiducijalnih markera u koordinatnom sustavu, te se na takvom setu podataka primjenjuju geometrijsko-morfometrijski statistički postupci (Windhager i sur., 2017) ili se pak te koordinate koriste za računalno manipuliranje oblikom lica prema teorijskim pretpostavkama (Sutherland i sur., 2017).

Tipično, delineacija se obavlja ručno, tako da pomoćni eksperimentator (ili više njih radi smanjivanja pogreške procjene) na digitalnoj fotografiji označi unaprijed definirane fiducijalne markere pomoću specijaliziranih računalnih programa poput *Psychomorpha* (Tiddeman i sur., 2001; Tiddeman i Perrett, 2002) ili R paketa *geomorph* (Adams i Otárola-Castillo, 2013). Na taj se način proučavani oblik kvantificira i stvara se baza sirovih podataka o obliku na kojima se provode ili daljnje eksperimentalne manipulacije ili statističke analize.

No proces delineacije u slučaju većeg uzorka korištenih lica može postati vremenski intenzivan i skup. Jednako tako, potrebno je uzeti u obzir i da je monoton, zbog čega se mogu očekivati pogreške u određivanju markera. Stoga se kao alternativa predlaže korištenje računalnog vida, podvrste umjetne inteligencije putem koje računala interpretiraju vizualni sadržaj iz digitalnih fotografija i videozapisa. Računalni vid već je ranije korišten u psihološkim istraživanjima koja su se bavila socijalnom percepcijom lica. Primjerice, Ko-

sinski (2017) je pokazao na velikom uzorku da omjer širine i visine lica (engl. facial width-to-height ratio, fWHR) ne predviđa samoprocjene namjere različitih ponašanja. Istom su metodologijom Gong i suradnici (2020) pokazali da je fWHR direktora kineskih kompanija značajno povezan s protuzakornim aktivnostima kompanija koje vode. Bitno je naglasiti da se u spomenutim radovima nije eksplicitno testirala valjanost računalno provedene delineacije u odnosu na postupak koji bi proveli ljudski procjenjivači.

Krenuvši od pretpostavke da su istraživači i pomoćni istraživači standard u provođenju delineacije lica, u ovom se radu testira konvergentna valjanost algoritma računalnog vida u provođenju delineacije ljudskog lica.

Metoda

Instrumenti

U ovom istraživanju korištena je baza lica *Chicago Face Database* (CFD, Ma i sur., 2015). Ova baza fotografija lica dostupna je za ko-

rištenje u istraživačke svrhe te se sastoji od standardiziranih fotografija 586 osoba različite dobi i rasne/etničke pripadnosti (Azijci, Latinoamerikanci, Afroamerikanci i bijelci), a demografski podaci osoba na fotografijama prikazani su u Tablici 1.

Osobe na fotografijama prikazane su u uspravnom položaju, lica ravno orijentiranog te su sve jednako udaljene od objektiva fotoaparata. Na licima nije smjelo biti dlaka ili ukrasa poput naušnica ili piercinga. Sve fotografirane osobe na sebi nose jednaku sivu majicu, a pozadina fotografije je bijela, uz korištenje jednakih postavki fotoaparata i osvjetljenja prilikom fotografiranja, a objektiv fotoaparata bio je postavljen u visini očiju modela. Sve su fotografije jednake rezolucije (2444 x 1718 piksela). Osobe na fotografijama prikazuju nekoliko facijalnih emocionalnih ekspresija: neutralnu, sretnu, prijeteću i ustrašenu. Za potrebe ovog istraživanja korištene su samo fotografije s neutralnim izrazom lica kako bi bilo moguće usmjeriti se na antropometrijska obilježja lica.

CFD pored standardiziranih fotografija lica sadrži 30 objektivnih mjera lica, koje su tijekom konstrukcije baze prikupljene od dva nezavisna procjenjivača, za koje autori tvrde

Tablica 1. Prikaz demografskih podataka osoba čija su lica prikazana u *Chicago Face Database*

		Dob		
		N	M	SD
Spol	Ukupno	586	28,83	6,29
	Muškarci	284	29,02	6,36
	Žene	302	28,65	5,97
Rasa / etnička pripadnost	Azijci	108	28,64	6,26
	Afroamerikanci	196	29,56	6,74
	Latinoamerikanci	103	28,91	6,16
	Bijelci	179	27,67	5,70

N – broj fotografija, M – aritmetička sredina, SD – standardna devijacija

da su visoko pouzdana te navode da je stupanj slaganja među procjenjivačima bio $r \geq 0,74$. Antropometrijske definicije objektivnih mjera sadržanih u CFD dostupan je na mrežnim stranicama baze podataka (Chicago Face Database, 2018). Navedeno uključuje jednu mjeru koja se odnosi na osvijetljenost lica, 15 antropometrijskih mjera koje prikazuju udaljenost između fiducijalnih odabranih markera, te 14 mjera koje se odnose na različite omjere između antropometrijskih mjera.

Prethodno opisane mjere koje su sastavni dio CFD baze uspoređene su s definicijama fiducijalnih markera koje određuje *Face++* algoritam računalnog vida, te su u daljnjim analizama korištene sve mjere za koje su utvrđeni korespondentni fiducijalni markeri. Objektivne mjere iz CFD baze nisu izražene u nekoj specifičnoj mjernoj jedinici, a korespondente mjere na temelju *Face++* markera određene su kao euklidske udaljenosti između prostornih koordinata dvaju markera pomoću R paketa *geomorph* v.3.3.1 (Adams i Otárola-Castillo, 2013). Operacionalizacija upotrijebljenih mjera iz CFD i onih izračunanih pomoću *Face++* algoritma prikazana je u Tablici 2.

Postupak

Delineacija lica provedena je algoritmom računalnog vida za prepoznavanje lica pomoću servisa *Face++* (Megvii Inc., <http://faceplusplus.com>). Među ponuđenim opcijama, korištena je značajka „Face Landmarks“, koja automatski postavlja 83 fiducijalna markera na ljudsko lice, a pozicije markera opisane su u dokumentaciji servisa (*Face++*, b.d.). Oblik lica opisan je s 19 markera, oblik oka opisan je s 10 markera za pojedino oko, obrve su opisane s 8 markera za pojedinu obrvu, usta su opisana s 18 markera, a nos je opisan s 10 markera. U daljnjem tekstu detaljnije će biti opisani oni markeri koji su upotrijebljeni u svrhu validacije. Prilikom analize fotografije,

algoritam korisniku vraća informacije o x- i y-koordinatama svakoga postavljenog fiducijalnog markera. Na Slici 1 prikazan je vizualni primjer provedene delineacije (*Face++*, b.d.) na jednom od lica iz CFD (Ma i sur., 2015).

Preuzimanje vrijednosti fiducijalnih markera automatizirano je pomoću koda u R (R Core Team, 2025) programskom jeziku, koji je prikazan u Prilogu 1. Priloženi kod omogućuje korisniku da jednim pozivom na aplikacijsko korisničko sučelje *Face++* servisa prikupi koordinate fiducijalnih markera za sve fotografije lica koje se nalaze u istom korisničkom direktoriju.

Rezultati

U svrhu utvrđivanja konvergentne valjanosti algoritma računalnog vida u delineaciji ljudskog lica u odnosu na ljudske procjene, izračunan je niz Pearsonovih koeficijenata korelacije koji su prikazani u Tablici 3. Koeficijenti korelacije izračunani su za ranije opisanih



Slika 1. Primjer fotografije lica korištenoga u istraživanju, a preuzetoga iz baze lica CFD (Ma i sur., 2015). Bijele oznake na licu predstavljaju automatski provedenu delineaciju putem *Face++* algoritma računalnog vida.

Tablica 2. Operacionalizacija mjera lica iz CFD i korespondentnih mjera izračunanih putem *Face++* algoritma

Mjera	CFD definicija (Ma i sur., 2015)	Euklidska udaljenost između Face++ markera
Širina nosa	udaljenost između rubova nosa na najširoj točki	udaljenost markera nose_left i nose_right
<i>Debljina usana</i>	udaljenost između gornjeg i donjeg ruba usana na najdebljoj točki	udaljenost između markera mouth_upper_lip_top i mouth_lower_lip_bottom
Prosječna visina očiju	udaljenost između gornjeg i donjeg očnog kapka na središtu zjenice (lijevo i desno mjereno zasebno te uprosječeno)	prosjeak visine lijevoga oka (euklidska udaljenost markera left_eye_top i left_eye_bottom) i visine desnoga oka (euklidska udaljenost markera right_eye_top i right_eye_bottom)
Prosječna širina očiju	udaljenost između unutarnjeg i vanjskog kuta oka (lijevo i desno mjereno zasebno te uprosječeno)	prosjeak širine lijevoga oka (euklidska udaljenost markera left_eye_left_corner i left_eye_right_corner) i širine desnoga oka (euklidska udaljenost između markera right_eye_left_corner i right_eye_right_corner)
Udaljenost zjenica – gornja usna (lijevo)	udaljenost između središta zjenice i gornjeg ruba usne	razlika između y-koordinate markera left_eye_center i y-koordinate mouth_upper_lip_top
Udaljenost zjenica – gornja usna (desno)	udaljenost između središta zjenice i gornjeg ruba usne	razlika između y-koordinate markera right_eye_center i y-koordinate mouth_upper_lip_top
Donja usna – brada	udaljenost između donjeg ruba usana i dna brade	udaljenost između markera contour_chin i mouth_lower_lip_bottom
Oblik oka	prosječna visina oka ÷ prosječna širina oka	prosječna visina oka ÷ prosječna širina oka
fWHR	(udaljenost između vanjskog ruba obraza na najviše istaknutoj točki) ÷ (udaljenost između gornje usne i obrve)	odnos između širine lica (operacionalizirane kao razlika u x-koordinatama markera countour_left2 i countour_right2) i visine lica (operacionalizirane kao razlika u y-koordinatama right_eyebrow_left_corner i mouth_upper_lip)

9 mjera ljudskoga lica (Tablica 2), a pored toga izračunani su za svaku etničku podskupinu u uzorku, kao i za cijeli uzorak. Utvrđeno je da su

korelacije između procjena ljudskih procjenjivača i računalnog vida, izračunane za sve mjere lica na ukupnom uzorku statistički značajne,

pozitivne i visoke s obzirom na to da je među njima najniža korelacija ona dobivena za mjeru prosječne širine očiju koja iznosi $r = 0,74$. Nadalje, utvrđeno je da su korelacije između procjena ljudskih procjenjivača i algoritma računalnog vida statistički značajne, pozitivne i visoke, i to za sve mjere i na svim poduzorcima lica. Pored toga, izračunano je i koliko korelacije izračunane na pojedinim poduzorcima odstupaju od korelacije izračunane na cijelom uzorku (stupac Δr , Tablica 3). Iz navedenoga se može vidjeti da, iako postoji odstupanje u iznosu korelacija s obzirom na rase, ni za jednu rasu ne postoje sustavno visoka odstupanja.

Rasprava

U ovom radu ispitana je konvergentna valjanost algoritma računalnog vida u provođenju delineacije lica u odnosu na provođenje istog postupka ljudskih procjenjivača. Navedeno je provedeno korištenjem 9 različitih mjera lica, te je testirano na četiri poduzorka ljudskih lica prema njihovoj etničkoj pripadnosti. Utvrđeno je da su procjene mjera lica odmjerene pomoću algoritma za prepoznavanje lica pozitivno i vrlo visoko povezane s procjenama ljudskih procjenjivača. Navedeno govori o visokoj konvergentnoj valjanosti algoritma računalnog vida u provođenju delineacije lica.

Praktične implikacije ovih nalaza su značajne s obzirom na to da ovdje prikazani rezultati govore u prilog opravdanosti korištenja ovog algoritma u istraživanjima. Automatizirano prepoznavanje obilježja lica može uvelike smanjiti vrijeme, troškove i potrebu za ljudskim resursima, čime se omogućuje analiza velikih skupova podataka, što bi inače bilo teško provedivo u praksi ako se oslanja samo na manualno određivanje fiducijalnih markera. Osim učinkovitosti, upotreba algoritama donosi i standardizaciju zato što računala pri-

mjenjuju ista pravila odlučivanja dosljedno na svim slučajevima, čime se uklanja varijabilnost uzrokovana ljudskim faktorima, poput umora, eventualnim razlikama u poduci ili subjektivnim procjenama, a navedeno povećava pouzdanost procjena. Pokazujući visoku konvergentnu valjanost u usporedbi s ljudskim procjenjivačima, u svim ispitivanim podskupinama, ovdje prikazani rezultati sugeriraju da računalne metode mogu biti pouzdana zamjena za ručno određivanje fiducijalnih markera, što otvara mogućnost za širu primjenu u znanstvenim istraživanjima.

Unatoč rezultatima koji govore u prilog široj primjeni algoritama računalnog vida u kontekstu istraživanja ljudskih lica, važno je istaknuti nekoliko ograničenja ovoga istraživanja. Ovdje prikazane analize temeljene su isključivo na koeficijentima korelacije, koji upućuju na visoku sukladnost između algoritma i ljudskih procjena, ali ne isključuje mogućnost postojanja sustavnih pristranosti algoritma ili manjih razlika u srednjim vrijednostima koje korelacije ne otkrivaju. Nadalje, iako su u uzorku obuhvaćene četiri podskupine lica s obzirom na njihovu etničku pripadnost, one ne predstavljaju cjelokupnu varijabilnost u fenotipovima ljudskih lica te se stoga rezultati ne mogu bez zadržke generalizirati na sve populacije. Pouzdanost ovih nalaza također ovisi o kvaliteti i konzistentnosti ljudskih procjena, koje su poslužile kao referentni standard, pa eventualne pogreške ili varijabilnosti među procjeniteljima mogu utjecati na ukupnu sliku. Na primjer, Ma i suradnici (2015) navode da su mjere koje su objavljene uz validaciju CFD izračunala dva procjenjivača, uz visoku pouzdanost među procjenjivačima od $r \geq 0,74$. Iako i ovdje govorimo o visokoj povezanosti, pouzdanost utječe na teoretski maksimalnu veličinu učinka koju je moguće utvrditi istraživanjem (Nimon i sur., 2012). Nadalje, bitno je naglasiti da je visoka konvergentna valjanost utvrđena za fotografije lica koje su kreirane na visoko standardiziran

Tablica 3. Korelacije između objektivnih mjera lica koje su izračunali procjenjivači i na temelju *Face++* algoritma

Mjera lica	Uzorak	N	r	95 % CI		Δr
				2,5 %	97,5 %	
Širina nosa	Ukupno	584	0,92*	0,91	0,93	
	Azijci	106	0,84*	0,76	0,89	0,08
	Afroamerikanci	194	0,88*	0,84	0,90	0,04
	Latinoamerikanci	101	0,80*	0,72	0,96	0,12
	Bijelci	177	0,87*	0,82	0,90	0,05
Debljina usana	Ukupno	584	0,85*	0,83	0,87	
	Azijci	106	0,79*	0,71	0,85	0,06
	Afroamerikanci	194	0,73*	0,64	0,81	0,12
	Latinoamerikanci	101	0,85*	0,78	0,90	0,00
	Bijelci	177	0,81*	0,76	0,86	0,04
Prosječna visina očiju	Ukupno	584	0,86*	0,84	0,88	
	Azijci	106	0,91*	0,88	0,94	-0,05
	Afroamerikanci	194	0,87*	0,83	0,90	-0,01
	Latinoamerikanci	101	0,86*	0,80	0,90	0,00
	Bijelci	177	0,87*	0,83	0,90	-0,01
Prosječna širina očiju	Ukupno	584	0,74*	0,70	0,77	
	Azijci	106	0,83*	0,76	0,88	-0,09
	Afroamerikanci	194	0,74*	0,67	0,79	0,00
	Latinoamerikanci	101	0,71*	0,60	0,79	0,03
	Bijelci	177	0,67*	0,57	0,74	0,07
Zjenica – gornja usna (lijevo)	Ukupno	584	0,90*	0,88	0,91	
	Azijci	106	0,96*	0,94	0,97	-0,06
	Afroamerikanci	194	0,86*	0,82	0,89	0,04
	Latinoamerikanci	101	0,96*	0,95	0,98	-0,06
	Bijelci	177	0,91*	0,88	0,93	-0,01

način – uzevši u obzir položaj lica u trodimenzionalnom prostoru, udaljenost od fotoaparata, te postavke fotografiranja, osvjetljenja i

okruženja lica, koja su ujedno prikazana bez emocionalnih ekspresija. Izgledno je da bi drugačiji rezultati bili utvrđeni ako bi neki od tih

Tablica 3. Korelacije između objektivnih mjera lica koje su izračunali procjenjivači i na temelju Face++ algoritma

Mjera lica	Uzorak	N	r	95 % CI		Δr
				2,5 %	97,5 %	
Zjenica – donja usna (desno)	Ukupno	584	0,91*	0,89	0,92	
	Azijci	106	0,96*	0,94	0,97	-0,05
	Afroamerikanci	194	0,87*	0,83	0,90	0,04
	Latinoamerikanci	101	0,97*	0,95	0,98	-0,06
	Bijelci	177	0,92*	0,90	0,94	-0,01
Donja usna – brada	Ukupno	584	0,83*	0,80	0,85	
	Azijci	106	0,86*	0,80	0,90	-0,03
	Afroamerikanci	194	0,80*	0,74	0,84	0,03
	Latinoamerikanci	101	0,87*	0,81	0,81	-0,04
	Bijelci	177	0,83*	0,78	0,87	0,00
Oblik oka	Ukupno	584	0,78*	0,75	0,81	
	Azijci	106	0,82*	0,75	0,87	-0,04
	Afroamerikanci	194	0,78*	0,71	0,83	0,00
	Latinoamerikanci	101	0,68*	0,53	0,76	0,10
	Bijelci	177	0,83*	0,78	0,87	-0,05
fWHR	Ukupno	584	0,81*	0,78	0,84	
	Azijci	106	0,88*	0,82	0,91	-0,07
	Afroamerikanci	194	0,81*	0,76	0,86	0,00
	Latinoamerikanci	101	0,90*	0,85	0,93	-0,09
	Bijelci	177	0,76*	0,69	0,81	0,05

* $p < 0,001$; ss – stupnjevi slobode; r – Pearsonov koeficijent korelacije između objektivne mjere koju su izračunali procjenjivači i mjere temeljene na Face++ algoritmu; 95 % CI – 95 %-tni interval pouzdanosti koeficijenta korelacije; Δr – razlika u iznosu koeficijenta korelacije na ukupnom uzorku i na poduzorku

čimbenika bio drugačiji, što je potrebno imati na umu u budućim istraživanjima.

Iako su ovdje prikazane analize bile relativno jednostavne, njihova metodološka vrijednost je značajna. Upotreba koeficijenata

korelacije za procjenu konvergentne valjanosti omogućuje izravan uvid u suglasnost između algoritamskog i ljudskog označavanja obilježja ljudskih lica, što predstavlja ključni korak u procjeni pouzdanosti automatiziranih i skala-

bilnih istraživačkih metoda. Važno je napomenuti da visoka konvergentna valjanost ne implicira automatski savršeno podudaranje s ljudskim procjenama, ali istraživaču pruža dodatnu opciju koja je vjerojatno poželjna ako je istraživački plan uzorkovanje velikih uzoraka lica. Osim toga, računalni kod prikazan u Prilogu 1 omogućava daljnje automatiziranje procesa pod uvjetom da korisnik ima sačuvane sve fotografije lica koje želi analizirati u istom direktoriju, te da ima sigurnosne vjerodajnice za pristup u aplikacijsko programsko sučelje servisa.

Ovdje prikazani rezultati mogu poslužiti i u praktičnoj primjeni. Primjerice, otvara se mogućnost primjene algoritama računalnog vida u dijagnosticiranju poremećaja prepoznavanja lica, prosopagnozije. Napredne metode prepoznavanja lica mogu pomoći u objektivnom procjenjivanju sposobnosti razlikovanja i identifikacije lica, kao i gradacije ovog poremećaja, čime je moguće olakšati i unaprijediti dijagnostički proces. S druge strane, računalni sustavi mogu služiti i kao praktična pomoć pacijentima. Primjerice, aplikacije koje prepoznaju i imenuju osobe u stvarnom vremenu mogle bi značajno poboljšati svakodnevno funkcioniranje i socijalne interakcije, kao i kvalitetu života osobama s poremećajem prosopagnozije.

Zaključno, ovdje prikazani rezultati pokazuju da automatizirani algoritmi računalnog vida mogu pouzdano zamijeniti ljudske procjenitelje, uz visoku konvergentnu valjanost, izračunano na ukupnom uzorku, kao i unutar različitih etničkih poduzoraka. Iako postoje ograničenja i potrebe za daljnjom validacijom, ovo istraživanje pruža metodološki i praktični temelj za primjenu skalabilnih računalnih metoda u istraživačkom kontekstu, istovremeno naglašavajući važnost pažljive provjere generalizabilnosti algoritamske upotrebe.

Literatura

- Adams, D.C., & Otárola-Castillo, E. 2013. geomorph: an R package for the collection and analysis of geometric morphometric shape data. *Methods in Ecology and Evolution*, 4(4): 393- 399. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12035>
- Axelsson, J., Sundelin, T., Olsson, M. J., Sorjonen, K., Axelsson, C., Lasselin, J. i Lekander, M. (2018). Identification of acutely sick people and facial cues of sickness. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 285(1870), 20172430. <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.2430>
- Chicago Face Database. (2018). *Physical Face Attributes Measurement Guide*. https://chicagofaces.org/default/cfd_public/cfdguide.pdf
- Face++ (b.d.). <https://console.faceplusplus.com/documents/6329308>.
- Geniole, S. N., Denson, T. F., Dixon, B. J., Carré, J. M. i McCormick, C. M. (2015). Evidence from Meta-Analyses of the Facial Width-to-Height Ratio as an Evolved Cue of Threat. *PLOS ONE*, 10(7), e0132726. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0132726>
- Gong, M., Zhang, Z. i Jia, M. (2020). Face Tells the Truth: How Male Entrepreneur's Facial Masculinity Predicts New Venture Corporate Illegality. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 69(5), 2337 - 2348. <https://doi.org/10.1109/TEM.2020.3008756>
- Jones, B. C., Jones, A. L., & Shramizu, V. (2023). Mapping physical characteristics in face images to social judgements. *British Journal of Psychology*, 114(2), 498-500.
- Kosinski, M. (2017). Facial Width-to-Height Ratio Does Not Predict Self-Reported Behavioral Tendencies. *Psychological Science*, 28(11), 1675–1682. <https://doi.org/10.1177/0956797617716929>
- Little, A. C., Jones, B. C. i DeBruine, L. M. (2011). The many faces of research on face perception. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366(1571), 1634–1637. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0386>
- Nimon, K., Zientek, L. R. i Henson, R. K. (2012). The Assumption of a Reliable Instrument and Other Pitfalls to Avoid When Considering the Reliability of Data. *Frontiers in Psychology*, 3, 1-13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00102>

- Ma, D. S., Correll, J. i Wittenbrink, B. (2015). The Chicago face database: A free stimulus set of faces and norming data. *Behavior Research Methods*, 47(4), 1122–1135. <https://doi.org/10.3758/s13428-014-0532-5>
- Oh, D., Buck, E. W., & Todorov, A. T. (2019). Revealing hidden gender biases in competence impressions of faces. *Psychological Science*, 30(1), 65–79. <https://doi.org/10.1177/0956797618813092>
- R Core Team (2021). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Ryali, C. K., Goffin, S., Winkielman, P. i Yu, A. J. (2020) From likely to likable: The role of statistical typicality in human social assessment of faces. *Proceedings of National Academy of Sciences*, 117(47), 29371–29380. <https://doi.org/10.1073/pnas.1912343117>
- Sutherland, C. A., Rhodes, G., & Young, A. W. (2017). Facial image manipulation: A tool for investigating social perception. *Social Psychological and Personality Science*, 8(5), 538–551. <https://doi.org/10.1177/1948550617697176>
- Tiddeman, B., Burt, M. i Perrett, D. (2001). Prototyping and transforming facial textures for perception research. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21(4), 42–50. <https://doi.org/10.1109/38.946630>
- Tiddeman, B. i Perrett, D. (2002). Transformation of dynamic facial image sequences using static 2D prototypes. *The Visual Computer*, 18(4), 218–225. <https://doi.org/10.1007/s003710100142>
- Windhager, S., Bookstein, F. L., Millesi, E., Wallner, B. i Schaefer, K. (2017). Patterns of correlation of facial shape with physiological measurements are more integrated than patterns of correlation with ratings. *Scientific Reports*, 7(1), 45340. <https://doi.org/10.1038/srep45340>
- Todorov, A. (2017). *Face Value: The Irresistible Influence of First Impressions*. Princeton University Press. <https://doi.org/10.1515/9781400885725>
- Tsikandilakis, M., Bali, P. i Chapman, P. (2019). Beauty Is in the Eye of the Beholder: The Appraisal of Facial Attractiveness and Its Relation to Conscious Awareness. *Perception*, 48(1), 72–92. <https://doi.org/10.1177/0301006618813035>
- Vernon, R. J. W., Sutherland, C. A. M., Young, A. W., & Hartley, T. (2014). Modeling first impressions from highly variable facial images. *Proceedings of National Academy of Sciences*, 111(32), E3353–E3361. <https://doi.org/10.1073/pnas.1409860111>

Prilog 1. R kod za preuzimanje fiducijalnih markera određenih pomoću računalnog vida
Face++ servisa

U nastavku navedeni kod funkcionira pod dvije pretpostavke: 1. fotografije su u .jpg formatu i nalaze se u istom direktoriju; 2. korisnik ima registriran račun pri *Face++* servisu putem kojega je dobio vjerodajnice za aplikacijsko programsko sučelje

```
library(dplyr)
library(httr)
library(base64enc)
library(purrr)

# Lokacije fotografija

loc <- „adresa korisničkog direktorija“
face_photos <- tibble(
  file_name = list.files(loc),
  file_path = file.path(loc,
                        list.files(loc))
)

# unos korisničkih vjerodajnica
key <- "#####"
secret_key <- "#####"

# Funkcija za dohvrat fiducijalnih markera sa
# Face++ aplikacijskog programskog sučelja
getLandmarks <- function(image_path) {
  r <- content(
    POST(
      url = "https://api-us.faceplusplus.com/facepp/v3/detect",
      body = list(
        api_key = key,
        api_secret = secret_key,
        return_landmark = 1,
        image_base64 = base64encode(
          image_path)
      ),
      encode = "multipart"
    )
  )
  data.frame(r$faces)
}

# Primjena na sve fotografije i spajanje u jedan
# data.frame
rez_df <- map_dfr(face_photos$file_path,
  getLandmarks)
```

Assessing the Validity of Computer Vision Algorithms in Facial Delineation

Abstract: Psychological research involving anthropometric measures or experimental manipulations of human faces has been used to test hypotheses related to the social perception of various attributes such as attractiveness, health, competence or trustworthiness based on the shape and appearance of a human face. A common and time-consuming step in such research is delineation, that is, the placement of fiducial markers on standardized and prominent anatomical features of a face. Traditionally, researchers have relied on human evaluators to perform this step. This paper examines the justification of using computer vision algorithms in delineating human faces. For this purpose, the standardized and research-validated Chicago Face Database was used, which, in addition to high-quality photographs of human faces of different ethnicities, also shows a number of anthropometric features measured by human evaluators in the validation data set. On the aforementioned database of photographs of human faces, delineation was performed using the Face++ computer vision service. The convergent validity of the computer algorithm's estimates relative to human estimates was tested using a series of correlation coefficients. Results indicate that algorithmically implemented delineation was highly consistent with that performed by human evaluators, and the discussion argues for the applicability of these findings in psychological research practice.

Keywords: human faces, computer vision, delineation, validation