

Poslovne aplikacije računalne vizije

Marić, Paola

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Pula / Sveučilište Jurja Dobrile u Puli**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:137:152661>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-03**



Repository / Repozitorij:

[Digital Repository Juraj Dobrila University of Pula](#)



Sveučilište Jurja Dobrile u Puli
Fakultet ekonomije i turizma
«Dr. Mijo Mirković»

PAOLA MARIĆ

POSLOVNE APLIKACIJE RAČUNALNE VIZIJE

Diplomski rad

Pula, 2022.

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli
Fakultet ekonomije i turizma
«Dr. Mijo Mirković»

PAOLA MARIĆ

POSLOVNE APLIKACIJE RAČUNALNE VIZIJE

Diplomski rad

JMBAG: 0303064829, redovita studentica

Studijski smjer: Informatički menadžment

Predmet: Umjetna inteligencija

Znanstveno područje: Društvene znanosti

Znanstveno polje: Ekonomija

Znanstvena grana: Poslovna informatika

Mentor: prof.dr.sc. Vanja Bevanda

Pula, travanj 2022.



IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, dolje potpisani PAOLA MARIĆ, kandidat za magistra POSLOVNE EKONOMIJE, SMJERA INFORMATIČKI MENADŽMENT ovime izjavljujem da je ovaj Diplomski rad rezultat isključivo mogega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na objavljenu literaturu kao što to pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da niti jedan dio Diplomskog rada nije napisan na nedozvoljeni način, odnosno da je prepisan iz kojega necitiranog rada, te da ikoji dio rada krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za koji drugi rad pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili radnoj ustanovi.

Student

U Puli, _____, 2022. godine



IZJAVA O KORIŠTENJU AUTORSKOG DJELA

Ja, PAOLA MARIĆ dajem odobrenje Sveučilištu Jurja Dobrile u Puli, kao nositelju prava iskorištavanja, da moj diplomski rad pod nazivom POSLOVNE APLIKACIJE RAČUNALNE VIZIJE koristi na način da gore navedeno autorsko djelo, kao cjeloviti tekst trajno objavi u javnoj internetskoj bazi Sveučilišne knjižnice Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli te kopira u javnu internetsku bazu završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice (stavljanje na raspolaganje javnosti), sve u skladu s Zakonom o autorskom pravu i drugim srodnim pravima i dobrom akademskom praksom, a radi promicanja otvorenoga, slobodnoga pristupa znanstvenim informacijama. Za korištenje autorskog djela na gore navedeni način ne potražujem naknadu.

U Puli, _____ (datum)

Potpis

ZAHVALA

Zahvaljujem mentorici, prof.dr.sc. Vanji Bevandi i profesorici doc.dr.sc. Katarini Kostelić na neizmjernej pomoći, brojnim savjetima i konstruktivnim kritikama koje ću ponijeti sa sobom suočavajući se s novim životnim izazovima. Zahvaljujem svojoj obitelji, kolegici Marti, Valentini, svim prijateljima i kolegama s posla na razumijevanju, strpljenju i pruženoj podršci.

SAŽETAK

Računalna vizija, AI tehnologija (tehnologija umjetne inteligencije) je koja omogućuje računalima razumijevanje i označavanje slika, sada se koristi u trgovinama, testiranju automobila bez vozača, svakodnevnoj medicinskoj dijagnostici i u praćenju zdravlja usjeva i stoke. Imajući to na umu, provedena je anketa u kojoj su ispitanici odgovarali na pitanja o prihvaćanju novih tehnologija. Cilj istraživanja bio je utvrditi prihvaćenost aplikacija računalnog vida, dodatno razumjeti mišljenja potencijalnih korisnika ovih aplikacija te smatraju li korištenje aplikacija računalnog vida korisno, jednostavno ili vrlo zahtjevno. Osim osobne upotrebe, svrha studije bila je proučavanje i analiza stavova, zapažanja i opsega prihvaćanja i korištenja aplikacija računalnog vida u poslovanju. Svrha ankete bila je procijeniti hoće li korištenje aplikacija računalnog vida u pojedinim odjelima ili sustavima olakšati korisnicima ovih aplikacija izvršavanje zadataka i pozitivno utjecati na cjelokupni proces kupnje, praćenja, detekcije, itd. Analizirajući rezultate provedene ankete može se zaključiti kako pojedini ispitanici nisu ni svjesni korištenja aplikacija računalne vizije upravo radi te neinformiranosti u sam pojam, ali mišljenje korisnika je kako će ta tehnologija pomoći pri obavljanju pojedinih zadataka i kako bi bili djelomično vješti u korištenju tehnologija računalne vizije, te radi toga zaključujemo kako će računalna vizija imati pozitivan utjecaj na svakodnevnicu i poslovanje.

Ključne riječi: Računalna vizija, umjetna inteligencija, anketa, prihvaćanje novih tehnologija, aplikacije, obrada slike

ABSTRACT

Computer vision, AI technology (artificial intelligence technology) that allows computers to understand and tag images, is now used in stores, driverless car testing, daily medical diagnostics and crop and livestock health monitoring. A survey was conducted in which respondents answered questions about the acceptance of new technologies. The aim of the research was to determine the acceptance of computer vision applications, to further understand the opinions of potential users of these applications and whether the use of computer vision applications is useful, simple, or very demanding. In addition to personal use, the purpose of the study was to study and study the attitudes, observations, and scope of acceptance and use of computer vision applications in business. The purpose of the survey was to assess whether the use of computer vision applications in individual departments or systems will facilitate users of these applications to perform tasks and positively affect the overall process of purchase, monitoring, detection, etc. Analyzing the results of the conducted survey, it can be concluded that some users are not aware of the use of computer vision in application because of this lack of information in the concept. But the opinion of users is that this technology will help to perform certain tasks and to be partially skilled in using computer vision technologies, and therefore we conclude that computer vision will have a positive impact on everyday life and business.

Keywords: Computer vision, artificial intelligence, survey, acceptance of new technologies, applications, image analysis

SADRŽAJ

UVOD	1
1. Umjetna inteligencija.....	3
1.1 Polja umjetne inteligencije	5
1.2 Korištenje umjetne inteligencije	7
2. Strojno učenje.....	8
2.1 Metode strojnog učenja.....	8
2.1.1 Nadzirano učenje	8
2.1.2 Nenadzirano učenje	9
2.1.3 Podržano učenje.....	9
2.2 Modeli strojnog učenja	9
2.2.1 Klasifikacija.....	10
2.2.2 Regresija.....	10
2.2.3 Klasteriranje	11
2.3 Duboko učenje.....	11
3. Računalna vizija (Computer vision)	12
3.1 Odnos između umjetne inteligencije i računalne vizije	12
3.2 Računalni vid i obrada slika	13
3.3 Zadaci u računalnom vidu	15
3.4 Algoritmi računalnog vida	17
4. Image Analysis (Analiza slika pomoću računalne vizije)	20
4.1 Tehnike obrade slike.....	20
4.1.1 Akvizicija slike	20
4.1.2 Obrada slike	20
4.1.3 Segmentacija	21
5. Face recognition.....	23
5.1 Pristupi otkrivanju lica	25
6. Načini korištenja računalne vizije.....	31
6.1 Primjena računalne vizije u različitim sektorima i industrijama	31
6.1.1 Automobilska industrija.....	32
6.1.2 Proizvodnja.....	32
6.1.3 Maloprodaja.....	33
6.1.4 Financijske usluge.....	33
6.1.5 Zdravstvo	34

6.1.6	<i>Poljoprivreda</i>	35
6.1.7	<i>Nadzor</i>	36
6.2	Primjena računalne vizije u aplikacijama	37
6.2.1	<i>Snapchat filtri</i>	37
6.2.2	<i>Amazon Go</i>	37
6.2.3	<i>Pinterest objektiv</i>	38
6.2.4	<i>Amazon Echo Look</i>	38
6.3	Primjena računalne vizije u poslovnim aplikacijama	39
7.	Istraživanje o prihvaćanju aplikacija računalne vizije	41
7.1	Prikaz metodologije istraživanja	41
7.1.1.	<i>Ciljevi istraživanja</i>	41
7.1.2.	<i>Hipoteze</i>	42
7.1.3.	<i>Uzorak</i>	42
7.1.4.	<i>Instrument</i>	42
7.1.5.	<i>Prikupljanje podataka</i>	43
7.2	Analiza podataka i rezultati	43
8.	Prednosti i nedostaci korištenja računalne vizije u poslovnim aplikacijama	57
8.1	Prednosti primjene računalne vizije	57
8.2	Nedostaci primijenjene računalne vizije	58
9.	ZAKLJUČAK	60
10.	POPIS LITERATURE	62
11.	POPIS GRAFOVA	64
12.	POPIS SLIKA I TABLICA	65

UVOD

Posljednja dva desetljeća svjedočili smo velikom napretku u umjetnoj inteligenciji (AI) i robotici, a očekuje se da će budući napredak biti još spektakularniji, i predviđa se da će te tehnologije promijeniti poslovanje diljem svijeta. Sad kad je tehnologija uhvatila izvorne ideje pionira računalnog vida iz 70-ih, može se vidjeti kako se ta tehnologija primjenjuje u mnogo različitih industrija. Kompanije poput Facebooka, Tesle i Microsofta, kao i mali startupi, pronalaze nove načine kako softver za računalni vid može poboljšati bankarstvo, vožnju i zdravstvo. Jedna od glavnih prednosti tehnologije računalnog vida je visoka preciznost kojom može zamijeniti ljudski vid ako se pravilno educira. Postoje brojni procesi koje danas rade ljudi, a koji bi se mogli zamijeniti aplikacijama umjetne inteligencije i eliminirati pogreške zbog umora, uštedjeti vrijeme i znatno smanjiti troškove.

Ključan udio u računalnoj viziji ima umjetna inteligencija, o kojoj će biti riječ u prvome poglavlju ovoga rada, zašto je važna, koja su polja umjetne inteligencije i kako se koristi, samo neki su od pojmova o kojima će biti riječ u tom poglavlju. U drugome poglavlju biti će pojašnjeni osnovni pojmovi strojnog učenja, njegovi modeli, te duboko učenje, putem kojih će se kasnije pojasniti što je računalna vizija i kako nam ona i njene aplikacije pomažu svakodnevno.

U četvrtom poglavlju biti će pojašnjen sam pojam računalne vizije, koji je njen odnos s umjetnom inteligencijom, također biti će navedeni najpoznatiji algoritmi i zadaci računalne vizije. Zatim, u petom poglavlju nalazi se obrada slika i tehnike obrade slike, kako bi u šestom poglavlju mogli pojasniti pristupe prepoznavanja lica. U sljedećem poglavlju navedena je primjena računalne vizije u pojedinim gospodarskim sektorima, te primjena računalne vizije u aplikacijama za korisnika pojedinačno, te za poslovanje.

Kao centralni dio ovoga rada nalazi se istraživanje o stupnju prihvaćanja novih tehnologija računalne vizije, odnosno provedeno je istraživanje obrazaca ponašanja prema prihvaćanju aplikacija računalne vizije. Te osim osobne upotrebe, cilj istraživanja je istražiti i proučiti stavove, opažanja i stupanj prihvaćanja i korištenja aplikacija računalne vizije u poslovanju. Svrha istraživanja je, na temelju dobivenih rezultata – iskazanih mišljenja i stavova, procijeniti da li bi korištenje aplikacija računalne vizije u pojedinim sektorima, odnosno sustavima, olakšalo provedbu

zadataka korisnicima tih aplikacija, te pozitivno utjecao na cjelokupni proces kupovine, nadzora, otkrivanja grešaka i drugih, ili bi bila upravo obrnuta reakcija korisnika na te aplikacije.

Također, u središtu ovoga rada nalazi se ideja da će automatizacija, a time i umjetna inteligencija i robotika, zamjeniti radnike u zadacima koje su prethodno obavljali, te putem ovog kanala stvarati snažan efekt pomaka. Za razliku od pretpostavki u velikom dijelu makroekonomije i ekonomije rada, koje tvrde da tehnologije koje povećavaju produktivnost uvijek povećavaju ukupnu potražnju za radnom snagom, učinak pomaka može smanjiti potražnju za radom, plaćama i zaposlenjem. Štoviše, učinak pomaka implicira da povećanje proizvodnje po radniku koje proizlazi iz automatizacije neće rezultirati proporcionalnim povećanjem potražnje za radnom snagom.¹

Konačno, navedene su prednosti i nedostaci korištenja računalne vizije u gospodarstvu, aplikacijama i poslovanju, te kako mogu utjecati na unaprijeđenje poslovanja, olakšavanje rada korisnicima i ubrzavanje toka određenim sustavima.

¹ Daron Acemoglu and Pascual Restrepo; Artificial Intelligence, Automation, and Work; <http://www.nber.org/chapters/c14027>

1. Umjetna inteligencija

Umjetna inteligencija (AI) široka je grana računalne znanosti koja se bavi gradnjom pametnih strojeva sposobnih za izvršavanje zadataka koji obično zahtijevaju ljudsku inteligenciju. Umjetna inteligencija je interdisciplinarna znanost s više pristupa, ali napredak u strojnom učenju i dubokom učenju stvara promjenu paradigme u gotovo svim sektorima tehnološke industrije.

Pojam umjetna inteligencija nastao je 1956. godine, ali zahvaljujući povećanom volumenu podataka, progresivnim algoritmima i poboljšanjima u snazi i pohrani kod računala, umjetna inteligencija je danas postala popularnija.² Rana istraživanja umjetne inteligencije pedesetih godina istraživala su teme poput rješavanja problema i simboličkih metoda. Šezdesetih godina dvadesetog stoljeća, američko Ministarstvo obrane zaintrigiralo se za upravo ovaj tip posla i počelo osposobljavati računala da imitiraju osnovna ljudska razmišljanja. Te sukladno tome, Agencija za napredne istraživačke projekte obrane (DARPA) dovršila je projekte mapiranja ulica sedamdesetih godina prošlog stoljeća, te je 2003. godine proizvela inteligentne osobne asistente, puno prije nego što su Siri, Alexa ili Cortana bila poznata imena kućanstva. Navedeni rad otvorio je put automatizaciji i službenom zaključivanju koje danas izvode računala, uključujući sustave za podršku odlukama i pametne sustave pretraživanja koji mogu biti dizajnirani da nadopunjuju i povećavaju ljudske sposobnosti.³

Iako holivudski filmovi i znanstveno-fantastični romani prikazuju umjetnu inteligenciju kao robote nalik ljudima koji prevladavaju svijetom, trenutni razvoj tehnologija umjetne inteligencije nije toliko zastrašujući - ili baš toliko pametan. Umjesto toga, umjetna inteligencija se razvila kako bi pružila brojne specifične prednosti u svakoj industriji.

Umjetna inteligencija automatizira ponavljajuće učenje i otkrivanje putem podataka, ali se razlikuje od robotski automatizirane na hardverski pogon. Umjesto da automatizira ručne zadatke, umjetna inteligencija izvodi česte, obimne, računalne zadatke pouzdano i bez umora. Za ovu vrstu automatizacije ljudsko je ispitivanje još uvijek neophodno za postavljanje sustava i postavljanje pravih pitanja. Umjetna

² [Što je umjetna inteligencija \(AI\)? - ThermoVision Dispenser \(tvd.hr\)](#) (05.11.2021.)

³ Ibid (05.11.2021.)

inteligencija dodaje inteligenciju postojećim proizvodima. U većini slučajeva UI se neće prodavati kao pojedinačna aplikacija, umjesto toga, proizvodi koje već upotrebljavate poboljšat će se s mogućnostima umjetne inteligencije, slično kao što je Siri dodan kao značajka novoj generaciji Appleovih proizvoda. Automatizacija, konverzijske platforme, botovi i pametni strojevi mogu se kombinirati s velikim količinama podataka za poboljšanje mnogih tehnologija kod kuće i na radnom mjestu, od sigurnosnih obavještajnih podataka do analize ulaganja.

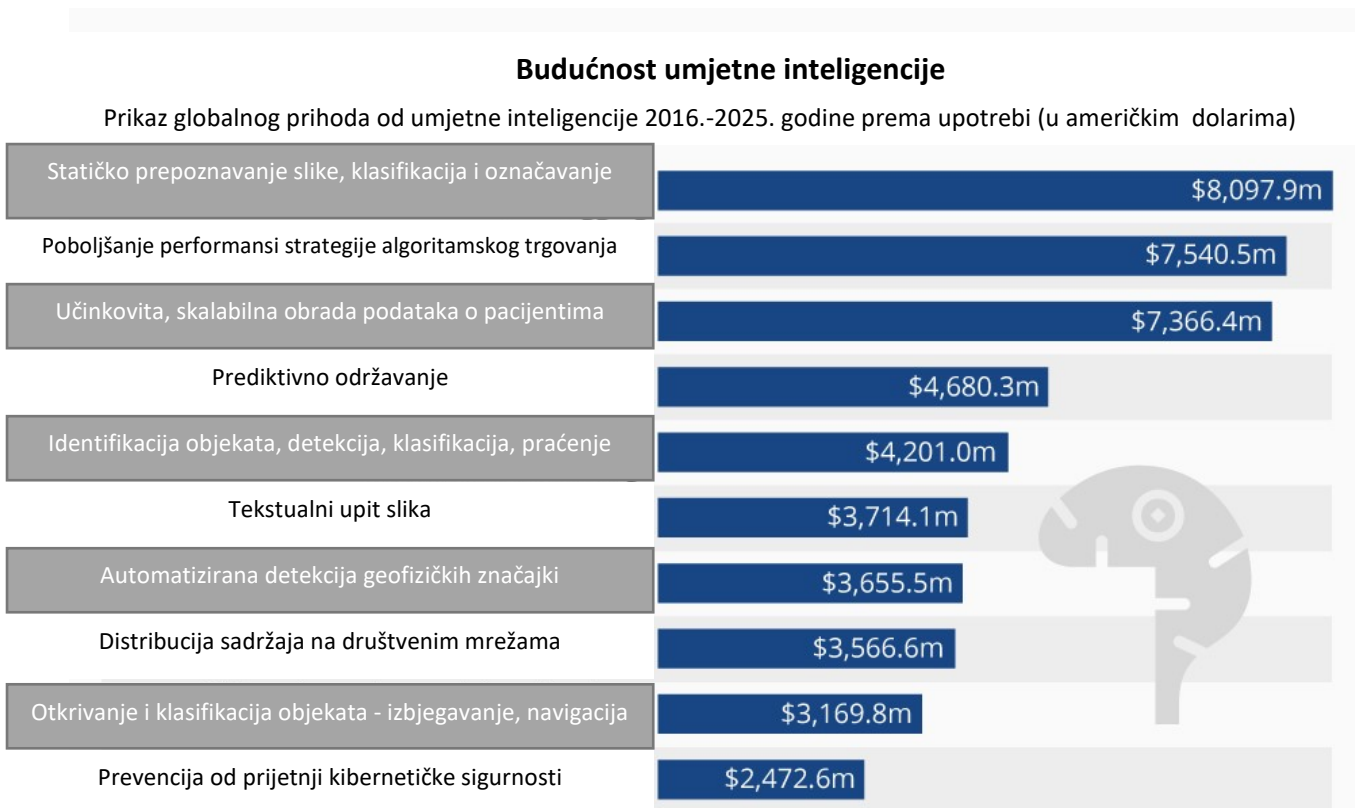
Umjetna inteligencija se kroz progresivne algoritme učenja prilagođava kako bi se podaci mogli programirati, pronalazi strukturu i pravilnosti u podacima tako da algoritam stječe vještinu, postaje klasifikator ili prediktor. Dakle, kao što se može naučiti algoritam kako igrati šah, tako se može naučiti koji će se proizvod sljedeći preporučiti na mreži. A modeli se prilagođavaju kada dobiju nove podatke. Unazadnje širenje je tehnika umjetne inteligencije koja omogućuje modelu da se kroz trening i dodane podatke prilagodi kada prvi odgovor nije sasvim u redu.

Umjetna inteligencija analizira sve više i dublje podatke pomoću neuronskih mreža koje imaju mnogo skrivenih slojeva. Izgradnja sustava za otkrivanje prijevара s pet skrivenih slojeva bila je gotovo nemoguća prije nekoliko godina. Sve se to promijenilo nevjerojatnom snagom računala i velikim podacima. Za obuku modela dubokog učenja potrebno je puno podataka jer oni uče izravno iz podataka.

Umjetna inteligencija ostvaruje nevjerojatnu točnost dubokim neuronskim mrežama, što se prije smatralo nemogućim. Na primjer, sve interakcije s Alex-om, Google pretraživanjem i Google fotografijama temelje se na dubokom učenju i postaju preciznije što ih se više koristi. U medicinskom području, tehnike inteligencije iz dubokog učenja, klasifikacije slika i prepoznavanje predmeta sada se mogu koristiti za pronalaženje karcinoma na MRI-ima (magnetskoj rezonanciji) s istom točnošću kao i visoko obučeni radiolozi.

Umjetna inteligencija dobiva najviše podataka kada su algoritmi samouki, sami podaci mogu postati intelektualno vlasništvo. Odgovori su u podacima, samo treba primijeniti umjetnu inteligenciju da bi ih se izvuklo. Budući da je uloga podataka sada važnija nego ikad prije, može se stvoriti konkurentna prednost. Ako neko poduzeće ima najbolje podatke u konkurentnoj industriji, čak i ako svi primjenjuju slične tehnike, najbolji podaci će pobijediti.

Grafikon 1: Prikaz globalnog prihoda od umjetne inteligencije 2016. - 2025. godine prema upotrebi



Izvor: Samostalni prijevod autora; <https://www.statista.com/chart/6810/the-future-of-ai>

Na Grafikonu 1 nalazi se prikaz predviđenog kumulativnog globalnog prihoda od umjetne inteligencije od 2016. do 2025. godine, prema slučaju upotrebe. Kao što možemo vidjeti najveći se prihod očekuje od statičkog prepoznavanja slika, klasifikacije i označavanja, a slijede poboljšanje performansi algoritamskog trgovanja, obrada podataka o pacijentima, i drugi.

1.1 Polja umjetne inteligencije

Umjetna inteligencija djeluje kombinirajući velike količine podataka s brzom, iterativnom obradom i inteligentnim algoritmima, omogućavajući softveru da automatski uči iz uzoraka ili značajki u podacima. Umjetna inteligencija je široko područje proučavanja koje uključuje mnoge teorije, metode i tehnologije, kao i sljedeća glavna podpolja:

- Strojno učenje - automatizira izradu analitičkih modela i koristi metode iz neuronskih mreža, statistike, operacijskih istraživanja i fizike kako bi pronašao

skriveno uvide u podacima, a da nije izričito programiran gdje tražiti ili što zaključiti.

- Neuronska mreža - vrsta je strojnog učenja koja se sastoji od međusobno povezanih jedinica (poput neurona) koje obrađuju informacije reagirajući na egzogene ulaze, prenoseći informacije između svake jedinice. Proces zahtijeva više prolaza podataka kako bi se pronašle veze i izvuklo značenje iz nedefiniranih podataka.
- Dubinsko učenje (Deep learning) - koristi ogromne neuronske mreže s mnogo slojeva procesorskih jedinica, iskorištavajući napredak u računalnoj snazi i poboljšane tehnike treninga za učenje složenih obrazaca u velikim količinama podataka. Uobičajene aplikacije uključuju prepoznavanje slike i govora.
- Kognitivno računanje - teži prirodnoj i ljudskoj interakciji sa strojevima, a odnosi se na korištenje zaključivanja, obrade jezika, strojnog učenja i ljudskih sposobnosti koje pomažu računalu da bolje rješava probleme i analizira podatke.
- Računalni vid - oslanja se na prepoznavanje uzoraka i duboko učenje prepoznavanja onoga što je na slici ili videozapisu. Strojevi mogu proučavati, analizirati i spoznati slike, te snimati slike ili videozapise u stvarnom vremenu i objasniti svoju okolinu.⁴
- Obrada prirodnog jezika (NLP) - sposobnost je računala da analiziraju, razumiju i generiraju ljudski jezik, uključujući i govor. Sljedeća faza obrade prirodnog jezika je interakcija prirodnog jezika, koja omogućava ljudima da komuniciraju s računalima koristeći uobičajeni svakodnevni jezik za izvršavanje zadataka.

Uz to, nekoliko tehnologija koje omogućuju i podržavaju umjetnu inteligenciju su:

- Grafičke jedinice za obradu - ključne su za umjetnu inteligenciju jer pružaju veliku računalnu snagu koja je potrebna za iterativnu obradu. Obuka neuronskih mreža zahtijeva velike podatke i računalnu snagu.
- Internet stvari (IoT – *eng. Internet of Things*) - generira ogromne količine podataka s povezanih uređaja, od kojih većina nije analizirana. Automatizacija modela s umjetnom inteligencijom omogućit će nam da ga koristimo više.

⁴ [view \(nsk.hr\)](#) (20.10.2021.)

- Napredni algoritmi – razvijaju se i kombiniraju na nove načine za bržu i višestruku analizu velike količine podataka. Ova inteligentna obrada ključna je za prepoznavanje i predviđanje rijetkih događaja, razumijevanje složenih sustava i optimizaciju jedinstvenih scenarija.
- API-ji ili sučelja aplikacijskog programiranja - prijenosni su paketi koda koji omogućuju dodavanje funkcionalnosti umjetne inteligencije postojećim proizvodima i softverskim paketima. Mogu dodati mogućnosti prepoznavanja slika u sustave kućne sigurnosti i mogućnosti pitanja i odgovora koji opisuju podatke, stvaraju naslove ili pozivaju zanimljive obrasce i uvide u podatke.

1.2 Korištenje umjetne inteligencije

Svaka industrija ima veliku potražnju za mogućnostima umjetne inteligencije, posebno sustavima za odgovaranje na pitanja koji se mogu koristiti za pravnu pomoć, pretraživanja patenata, obavijesti o riziku i medicinska istraživanja.

Najčešće upotrebe umjetne inteligencije uključuju:

- Zdravstvenu zaštitu – aplikacije umjetne inteligencije mogu pružiti personalizirana očitavanja lijekova i X-zraka. Osobni zdravstveni pomoćnici mogu djelovati kao životni treneri, podsjećajući korisnika da popije tabletu, vježba ili jede zdravije.
- Maloprodaju – umjetna inteligencija pruža mogućnosti virtualne kupovine koje nude personalizirane preporuke i razgovaraju s potrošačem o preferencijama kupnje. Tehnologije upravljanja zalihama i rasporeda web lokacija također će se poboljšati pomoću umjetne inteligencije.
- Proizvodnju – umjetna inteligencija može analizirati tvorničke podatke za vrijeme proizvodnje iz povezane opreme (uređaja), kako bi predvidjela očekivano opterećenje i potražnju pomoću rekurzivnih mreža.
- Bankarstvo - Umjetna inteligencija povećava brzinu, preciznost i učinkovitost ljudskih napora. U financijskim institucijama tehnike umjetne inteligencije mogu se koristiti za utvrđivanje ispravnosti transakcija, usvajanje brzog i preciznog bodovanja kredita, kao i za automatizaciju ručno intenzivnih zadataka upravljanja podacima.

2. Strojno učenje

Strojno učenje (eng. Machine learning) područje je umjetne inteligencije bazirano na analizi i upotrebi podataka pomoću algoritama kako bi se oponašalo ljudsko ponašanje i učenje. Procesi učenja uključuju stjecanje novih deklarativnih znanja, razvoj motoričkih i kognitivnih vještina kroz nastavu ili praksu, organizaciju novog znanja u općenito znanje, učinkovito predstavljanje i otkrivanje novih činjenica i teorija promatranjem i eksperimentiranjem. Od početka računalne ere, istraživači nastoje usaditi takve mogućnosti u računala. Rješavanje ovog problema bio je i ostaje najizazovniji i najfascinantniji dugoročni cilj u umjetnoj inteligenciji. Krajnji cilj strojnog učenja je precizirati ispravnost dobivenih rezultata, te omogućiti računalima samostalno izvođenje određenih radnji bez prethodnog eksplicitnog programiranja za određeni zadatak. To se želi postići na način da računala sama uče iz skupa podataka.

Kada bi usporedili strojno učenje s programiranjem, mogli bi zaključiti kako je programiranje izvršavanje pojedinog koda, odnosno kod obrađuje ulazni skup podataka i daje izlazni rezultat. S druge strane, strojnom se učenju daju primjeri rezultata, primjerice klase podataka, te na temelju tih informacija strojno učenje ne vraća rezultat, već algoritam (program), kojeg se može ponovo koristiti za rješavanje novih zadataka.

2.1 Metode strojnog učenja

Strojno učenje izvršava se pomoću više metoda, koje su širokog opsega, ali one su klasificirane u tri skupine, ovisno o vrsti ulaznih podataka, signala. Te će metode biti navedene i objašnjene u nastavku.

2.1.1 Nadzirano učenje

Nadzirano učenje (eng. Supervised learning) definirano je upotrebom označenih skupova podataka za osposobljavanje algoritama za klasifikaciju podataka ili točno predviđanje ishoda. Kako se ulazni podaci unose u model, on prilagođava svoje težine sve dok model nije prikladno ugrađen, što se događa kao dio procesa unakrsne provjere valjanosti. Nadzirano učenje pomaže organizacijama u rješavanju raznih

problema u stvarnom svijetu, poput klasificiranja neželjene pošte u zasebnu mapu iz korisnikove pristigle pošte.

2.1.2 Nenadzirano učenje

Nenadzirano strojno učenje (eng. Unsupervised learning) koristi algoritme strojnog učenja za analizu i grupiranje neoznačenih skupova podataka. Ovi algoritmi otkrivaju skrivene obrasce ili grupiraju podatke bez potrebe za ljudskom intervencijom. Njegova sposobnost otkrivanja sličnosti i razlika u informacijama čine ga idealnim rješenjem za istraživačku analizu podataka, strategije unakrsne prodaje, segmentaciju kupaca i prepoznavanje slika.

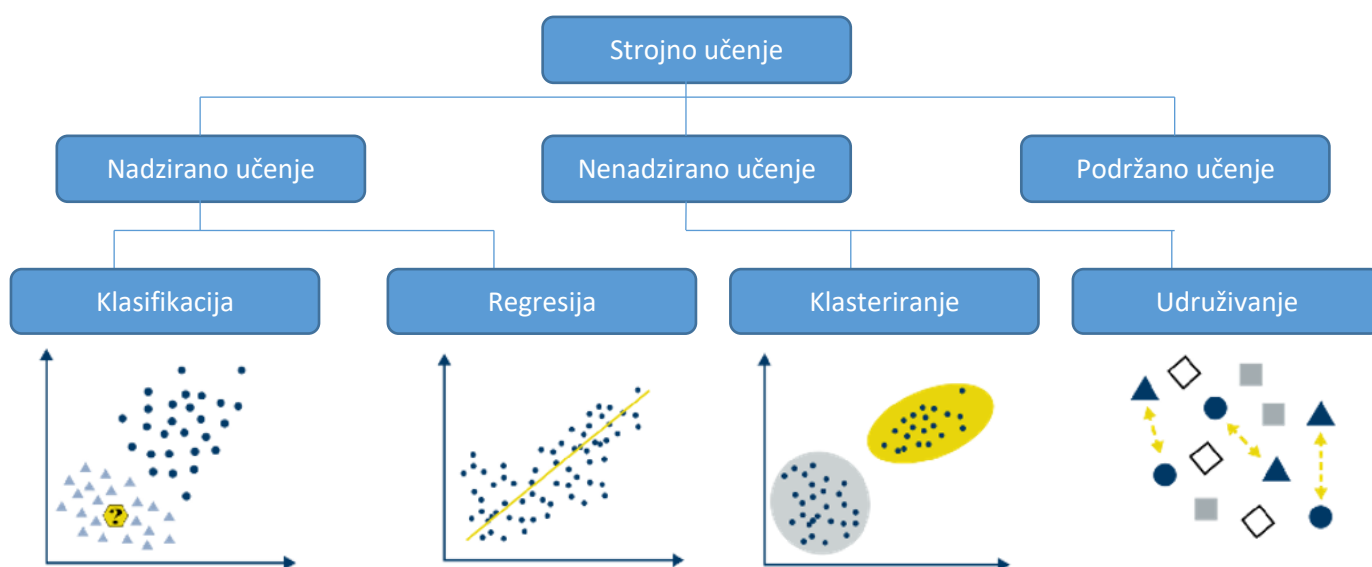
2.1.3 Podržano učenje

Podržano učenje (eng. Reinforcement learning) područje je strojnog učenja koje se bavi time kako bi inteligentni agenti trebali poduzeti radnje u okruženju radi maksimiziranja pojma kumulativne nagrade. Razlikuje se od nadziranog učenja po tome što nije potrebno označavanje ulaznih i izlaznih podataka, već umjesto toga fokus je na pronalaženju ravnoteže između istraživanja i eksploatacije.

2.2 Modeli strojnog učenja

Ovisno o vrsti zadatka, modele strojnog učenja možemo klasificirati u sljedeće vrste:

- Modeli klasifikacije
- Regresijski modeli
- Klasteriranje
- Smanjenje dimenzionalnosti
- Duboko učenje itd.



Slika 1: Modeli strojnog učenja

Izvor: Samostalni prijevod autora; <https://towardsdatascience.com/7-of-the-most-commonly-used-regression-algorithms-and-how-to-choose-the-right-one-fc3c8890f9e3>

2.2.1 Klasifikacija

S obzirom na strojno učenje, klasifikacija je zadatak predviđanja vrste ili klase objekta unutar konačnog broja opcija. Izlazna varijabla za klasifikaciju uvijek je kategorička varijabla. Na primjer, predviđanje da je e-pošta neželjena ili nije, standardan je zadatak binarne klasifikacije. Neki od važnijih modela za probleme klasifikacije su Algoritam K-najbližih susjeda, Naive Bayes, Logit binarna regresija (Linearni model za binarnu klasifikaciju), SVM (može se koristiti za binarne/višeklasne klasifikacije), Stablo odlučivanja (klasifikator temeljen na 'If Else') i drugi.

2.2.2 Regresija

U strojnom učenju, regresija je skup problema gdje izlazna varijabla može poprimiti kontinuirane vrijednosti. Na primjer, predviđanje cijene zrakoplovnog prijevoznika može se smatrati standardnim zadatkom regresije. Neki od modela regresije su: linearna regresija, lasso regresija, linearna regresija s L1 i s L2 regularizacijom, regresija grebena, SVM regresija i regresija stabla odlučivanja. Linearna regresija

jedan je od najjednostavnijih i osnovnih modela za zadatak regresije, koristi se za analizu odnosa između varijabli, jedne ulazne neovisne varijable i izlazne varijable.

2.2.3 Klasteriranje

Klasteriranje je zadatak grupiranja sličnih objekata zajedno. Pomaže u automatskom prepoznavanju sličnih objekata bez ručne intervencije. Ne mogu se izgraditi učinkoviti nadzirani modeli strojnog učenja, modeli koje je potrebno trenirati s ručno odabranim ili označenim podacima, bez homogenih podataka. Klasteriranje nam pomaže da to postignemo na pametniji način. Slijede neki od široko korištenih modela klasteriranja: K means, K means ++, K medoids, Aglomerativno klasteriranje, DBSCAN, itd.⁵

2.3 Duboko učenje

Duboko učenje (*eng. Deep learning*) dio je strojnog učenja koje se bavi neuronskim mrežama. Algoritmi dubokog učenja, inspirirani načinom na koji ljudski um funkcionira, koriste veliki broja neurona, koji su međusobno povezani, kako bi izveli kompleksnu aktivnost kao što je pričanje, hodanje, razmišljanje, itd. Većina arhitektura dubokog učenja su umjetne neuronske mreže sastavljene od više slojeva, koje postaju duboke neuronske mreže, ili samo duboko učenje, s osnovnim elementom koji se naziva neuron. Neuroni su grupirani u slojeve, u kojima svi neuroni imaju istu funkciju, ali svaki od neurona uči drugačije parametre. Slijed slojeva kontinuirano transformira ulazne podatke i projektira ih u željeni rezultat, ishod, u naprednom procesu. Tijekom optimizacije procesa, pogreška, odnosno razlika između promatranih i predviđenih rezultata, se računa i širi unatrag kroz mrežu pomoću nagiba. Ti su nagibi zapravo parametri koji razvijaju funkcije implementirane u pojedinom neuronu, a težina spojeva između neurona služi kako bi se minimizirala pogreška pri promatranim rezultatima.

⁵ Modeli strojnog učenja | Top 5 vrsta modela strojnog učenja (education-wiki.com)

3. Računalna vizija (Computer vision)

Računalna vizija, često skraćena kao CV, definirana je kao polje proučavanja koje pokušava razviti tehnike koje pomažu računalima da "vide" i razumiju sadržaj digitalnih slika poput fotografija i videozapisa. Pametni telefoni imaju kamere, a fotografiranje ili snimanje i njihovo dijeljenje nikada nije bilo lakše, što je rezultiralo nevjerojatnim rastom modernih društvenih mreža poput Instagrama. YouTube je druga najveća tražilica na svijetu, a stotine sati videozapisa prenose se svake minute, milijarde videozapisa gledaju se svaki dan.

Na internetu možemo pronaći razne slike i tekstove. Indeksiranje i pretraživanje teksta relativno je jednostavno, ali da bi indeksirali i pretraživali slike, algoritmi moraju znati što slike sadrže. Sadržaj slika i videozapisa najduže je ostao nejasan, najbolje opisivan pomoću metaopisa koje je dala osoba koja ih je prenijela.

Da bismo maksimalno iskoristili slikovne podatke, potrebna su nam računala koja će "vidjeti" sliku i razumjeti njezin sadržaj. Osoba može opisati sadržaj fotografije koju je jednom vidjela. Osoba može sažeti video koji je vidjela samo jednom. Osoba može prepoznati lice koje je prije vidjela samo jednom. Da bismo otključali naše slike i videozapise, potrebne su nam barem iste mogućnosti i kod računala.

3.1 Odnos između umjetne inteligencije i računalne vizije

Računalni vid nije sinonim za umjetnu inteligenciju, iako su obje vrste tehnologije namijenjene da nam olakšaju živote, one nisu identične. Umjetna inteligencija je grana računalne znanosti u kojoj strojevi pokazuju ponašanje koje naizgled oponaša ljudsku inteligenciju. To općenito uključuje donošenje odluka na temelju načina na koji bi ljudi analizirali situaciju, učenje iz iskustva, razumijevanje jezika, vođenje razgovora s ljudima i drugim strojevima, pa čak i kreativno rješavanje problema na nove načine. Računalni vid u međuvremenu pomaže računalima da vide svijet oko sebe. To uključuje softver koji obavlja zadatke obrade slike, nešto što računala već mogu učiniti i polje je u kojem umjetna inteligencija čini korak naprijed.

Računalni vid, kao polje, intelektualna je granica, te kao i svaka granica, ona je uzbudljiva i neorganizirana i često nema pouzdanog autoriteta na koji bi se mogli pozvati. Mnoge korisne ideje nemaju teorijsko utemeljenje.

Cilj računalnog vida je razumijevanje sadržaja digitalnih slika. To obično uključuje razvoj metoda kojima se pokušava reproducirati sposobnost ljudskog vida. Razumijevanje sadržaja digitalnih slika može uključivati izdvajanje opisa iz slike, koji može biti objekt, tekstualni opis, trodimenzionalni model, itd. Računalni vid je automatizirano izdvajanje informacija sa slika. Informacije mogu značiti bilo što, od 3D modela, položaja kamere, otkrivanja i prepoznavanja predmeta do grupiranja i pretraživanja sadržaja slike.

3.2 Računalni vid i obrada slika

Računalni vid razlikuje se od obrade slike. Obrada slike je postupak stvaranja nove slike od postojeće slike, obično pojednostavljujući ili poboljšavajući sadržaj na neki način. To je vrsta digitalne obrade signala i ne bavi se razumijevanjem sadržaja slike. Zadani sustav računalnog vida može zahtijevati primjenu obrade slike na sirovi unos, npr. slika prije obrade.

Primjeri obrade slika uključuju:

- Normaliziranje fotometrijskih svojstava slike, poput svjetline ili boje.
- Izrezivanje granica slike, poput centriranja predmeta na fotografiji.
- Uklanjanje digitalnog šuma sa slike, kao što su digitalni artefakti nastali zbog slabe razine osvjetljenja.

Računalni vid čini se lakim, možda zato što je za ljude lagan. U početku se vjerovalo da je to trivijalno jednostavan problem koji bi student mogao riješiti spajanjem kamere na računalo. Nakon desetljeća istraživanja, računalni vid ostaje neriješen, barem u smislu konkuriranja mogućnostima ljudskog vida. Učiniti računalno vidljivim bilo je nešto za što su vodeći stručnjaci, šezdesetih godina, u području umjetne inteligencije mislili da je na razini težine ljetnih projekata studenata. Četrdeset godina kasnije zadatak još uvijek nije riješen i čini se zastrašujućim. Jedan od razloga je taj što

nemamo snažnog razumijevanja kako funkcionira ljudska vizija. Proučavanje biološkog vida zahtijeva razumijevanje percepcijskih organa poput očiju, kao i interpretaciju percepcije u mozgu. Postignut je velik napredak, kako u zacrtavanju procesa, tako i u pogledu otkrivanja trikova i prečica koje sustav koristi, iako kao i svako istraživanje koje uključuje mozak, dug je put.

Još jedan od razloga zašto je to takav izazov, ili problem, je zbog svoje svojstvene složenosti u vizualnom svijetu. Da li se objekt može vidjeti iz bilo koje orijentacije, u bilo kojim uvjetima osvjetljenja, uz bilo koju vrstu okluzije od drugih predmeta, i tako dalje. Istinski sustav vida mora biti sposoban "vidjeti" u bilo kojem od beskonačnog broja scena i još uvijek izdvojiti nešto značajno. Računala mogu dobro riješiti ograničene probleme, ali ne i otvorene neograničene probleme poput vizualne percepcije.

Kao ljudi, s prividnom lakoćom opažamo trodimenzionalnu strukturu svijeta oko sebe. Zamislite koliko je trodimenzionalna percepcija živopisna kad se pogleda vaza s cvijećem koja stoji na stolu pokraj. Oblik i prozirnost svake latice može se prepoznati kroz suptilne uzorke svjetlosti i sjene koji se igraju po njezinoj površini i bez napora segmentiraju svaki cvijet s pozadine scene. Gledajući uokvireni grupni portret, lako se mogu prebrojati (i imenovati) svi ljudi sa slike, pa čak i pogoditi njihove emocije iz izgleda lica.

Istraživači računalnog vida paralelno razvijaju matematičke tehnike za oporavak trodimenzionalnog oblika i izgleda predmeta na slikama. Danas postoje pouzdane tehnike za točno izračunavanje okoline djelomičnog 3D modela iz tisuća djelomično preklapajućih fotografija. S obzirom na dovoljno velik skup prikaza određenog objekta ili fasade, mogu se stvoriti precizni, gusti, 3D površinski modeli koristeći stereo podudaranje. Čak se može i s umjerenim uspjehom, pokušati pronaći i imenovati sve ljude na fotografiji koristeći kombinaciju otkrivanja i prepoznavanja lica, odjeće i kose. Međutim, unatoč svim tim napretcima, san o tome da računalo protumači sliku na istoj razini kao djeca, primjerice, brojeći sve životinje na slici, ostaje problematičan. Zašto je vid tako težak? Dijelom je to zato što je vid obrnuti problem, u kojemu se nastoji oporaviti neke nepoznanice, ali s nedovoljnim brojem informacija da bi se u potpunosti navela rješenja. Stoga mora se pribjeći fizikalno utemeljenim i vjerojatnosnim modelima kako bismo razdvojili potencijalna rješenja. Modeliranje vizualnog svijeta u

svoj njegovoj bogatoj složenosti daleko je teže od, recimo, modeliranja vokalnog trakta koji proizvodi izgovorene zvukove.

Napredni modeli koje koristimo u računalnom vidu obično se razvijaju u fizici, kao što su radiometrija, optika i dizajn senzora, i u računalnoj grafici. Oba ova polja modeliraju kako se predmeti kreću i animiraju, kako se svjetlost odbija od njihovih površina, raspršuje atmosfera, reflektira kroz leće kamere, ili ljudske oči, i konačno projicira na ravnu ili zakrivljenu ravninu slike. Iako računalna grafika još nije savršena, u ograničenim domenama, poput prikazivanja mirne scene sastavljene od svakodnevnih predmeta ili animiranja izumrlih bića poput dinosaura, iluzija stvarnosti je savršena.

3.3 Zadaci u računalnom vidu

Ipak, na tom je polju postignut napredak, posebno posljednjih godina sa sustavima za optičko prepoznavanje znakova i prepoznavanje lica na kamerama i pametnim telefonima. Računalni vid je u izvanrednoj točki svog razvoja. Sam predmet postoji od šezdesetih godina prošlog stoljeća, ali tek je nedavno moguće izgraditi korisne računalne sustave koristeći ideje iz računalnog vida.⁶

U računalnom vidu pokušava se učiniti obrnuto, tj. opisati svijet koji vidimo na jednoj ili više slika i rekonstruirati njegova svojstva, poput oblika, osvjetljenja i raspodjele boja. Nevjerojatno je da ljudi i životinje to rade tako bez napora, dok su algoritmi računalnog vida toliko skloni pogreškama. Ljudi koji se nisu detaljnije bavili ovom temom često podcjenjuju težinu problema. Ova pogrešna percepcija da bi vizija trebala biti laka potječe iz ranih dana umjetne inteligencije, kada se u početku vjerovalo da su kognitivni dijelovi inteligencije suštinski teži od perceptivnih komponenata. Dobra vijest je da se računalni vid danas koristi u širokom spektru stvarnih aplikacija, koje uključuju:

- Optičko prepoznavanje znakova (OCR – *eng. Optical character recognition*), čitanje rukom napisanog teksta i prijevod istog na editabilni tekst, te automatsko prepoznavanje registarske pločice (ANPR – *eng. Automatic number-plate recognition*).

⁶ <https://repozitorij.etfos.hr/islandora/object/etfos:2891>

- Strojni pregled. Brzi pregled dijelova, radi osiguranja kvalitete, pomoću stereo vida sa specijaliziranim osvjetljenjem za mjerenje tolerancija na krilima zrakoplova ili dijelovima karoserije ili traženje nedostataka u odljevcima čelika pomoću rendgenskog vida.
- Maloprodaja koristi računalni vid za prepoznavanje predmeta na automatskim trakama za naplatu.
- Izrada 3D modela (fotogrametrija) je potpuno automatizirana izrada 3D modela iz zračnih fotografija korištenih u sustavima kao što su Google Maps.
- Medicinsko snimanje, odnosno registriranje preoperativnih i intraoperativnih slika ili izvođenje dugoročnih studija morfologije mozga ljudi kako stare.
- Automobilska sigurnost koristi računalni vid za otkrivanje neočekivanih prepreka poput pješaka na ulici, u uvjetima kada tehnike aktivnog vida poput radara ili lidara ne rade dobro.
- Usklađivanje poteza pomoću spajanja računalno generiranih slika (CGI – *eng. Computer-generated imagery*) s aktivnim snimkama, te praćenjem značajnih točaka u izvornom videozapisu za procjenu kretanja 3D kamere i oblika okoline. Takve se tehnike široko koriste u Hollywoodu, one također zahtijevaju upotrebu preciznog matiranja za umetanje novih elemenata između elemenata prednjeg plana i pozadine.
- Snimanje pokreta (*eng. mocap*) koristi retro-reflektivne markere promatrane s više kamera ili druge tehnike temeljene na vidu za snimanje objekata ili ljudi za računalnu animaciju.
- Nadzor uključuje nadzor nad uljezima, analizu prometa na autocesti i nadgledanje bazena za sprječavanje utapanja žrtava.
- Prepoznavanje otiska prsta i biometrija za automatsku provjeru autentičnosti pristupa kao i forenzičke aplikacije.

To je široko područje proučavanja s mnogo specijaliziranih zadataka i tehnika, kao i specijalizacija za ciljanje domena aplikacija. Računalni vid ima širok spektar aplikacija, kako starih, primjerice navigacija mobilnih robota, industrijska inspekcija i vojna inteligencija, tako i novih, interakcija s računalom, pronalaženje slika u digitalnim knjižnicama, analiza medicinske slike i realistično prikazivanje sintetičkih scena u računalnoj grafici.

Mnoge popularne aplikacije za računalni vid uključuju pokušaj prepoznavanja stvari na fotografijama; na primjer:

- Klasifikacija predmeta. Koja je široka kategorija predmeta na ovoj fotografiji?
- Identifikacija objekta. Koja je vrsta datog objekta na ovoj fotografiji?
- Provjera objekta. Je li objekt na fotografiji?
- Otkrivanje predmeta. Gdje su predmeti na fotografiji?
- Otkrivanje orijentira na objektu. Koje su ključne točke za objekt na fotografiji?
- Segmentacija objekta. Koji pikseli pripadaju objektu na slici?
- Prepoznavanje predmeta. Koji su predmeti na ovoj fotografiji i gdje su?
- Ostali uobičajeni primjeri povezani su s pronalaženjem informacija. Na primjer, pronalaženje sličnih slika ili slika koje sadrže objekt koji se nalazi na slici.

3.4 Algoritmi računalnog vida

- SIFT (*eng. Scale-Invariant Feature Transform*)

SIFT je prilično složen algoritam. U SIFT algoritmu su uglavnom uključena četiri koraka. Prvi je odabir vrha razmjera i prostora, potencijalne lokacije za pronalaženje značajki. Zatim, lokalizacija ključnih točaka, odnosno točno lociranje ključnih točaka značajki, dodjela orijentacije ključnim točkama, deskripcija ključne točke opisivanjem ključnih točaka kao vektore visokih dimenzija i podudaranje ključnih točaka.⁷

- Viola – Jones algoritam

Problem koji treba riješiti je otkrivanje lica na slici. Čovjek to može lako učiniti, ali računalo treba precizne upute i ograničenja. Kako bi zadatak bio lakši za rukovanje, Viola–Jones zahtijeva pun pogled na prednja uspravna lica. Dakle, da bi bilo detektirano, cijelo lice mora biti usmjereno prema kameri i ne smije biti nagnuto ni na jednu stranu. Iako se čini da bi ova ograničenja donekle mogla umanjiti korisnost algoritma, jer korak otkrivanja najčešće slijedi korak prepoznavanja, u praksi su ta ograničenja položaja sasvim prihvatljiva.

⁷ Računalni vid, mag.ing.comp.Milan Hrga, Stručni rad (01.12.2021.)

- Haarove značajke

Haarove značajke su značajke digitalne slike koje se koriste u prepoznavanju objekata. Svoje ime duguju svojoj intuitivnoj sličnosti s Haarovim valovima i korišteni su u prvom detektoru lica u stvarnom vremenu.

U fazi detekcije okvira za otkrivanje objekata Viola – Jones, prozor ciljne veličine pomiče se preko ulazne slike, a za svaki pododjeljak slike izračunava se značajka slična Haaru. Ta se razlika zatim uspoređuje s naučenim pragom koji odvaja neobjekte od objekata. Budući da je takva značajka slična Haaru samo slab učenik ili klasifikator (njegova kvaliteta detekcije je nešto bolja od slučajnog nagađanja), potreban je veliki broj značajki sličnih Haaru za opisivanje objekta s dovoljnom točnošću. U okviru za otkrivanje objekata Viola – Jones, Haarove značajke su stoga organizirane u nešto što se zove kaskada klasifikator kako bi se formirao jak učenik ili klasifikator.

- Kaskadni klasifikator

To je pristup baziran na strojnom učenju gdje se kaskadna funkcija trenira iz puno pozitivnih i negativnih slika. Zatim se koristi za otkrivanje objekata na drugim slikama. U početku, algoritam treba puno pozitivnih slika (slike lica) i negativnih slika (slike bez lica) za treniranje klasifikatora. Zatim se iz njega izdvajaju značajke (Haarove značajke). Svaka značajka je jedna vrijednost dobivena oduzimanjem zbroja piksela.

- Integralna slika

Integralna slika ili tablica zbrojenih površina prvi put nam je predstavljena 1984., ali nisu je pravilno uveli u svijet računalnog vida sve do 2001. godine od strane Viole i Jonesa s Viola-Jones okvirom za otkrivanje objekata. Integralna slika koristi se kao brz i učinkovit način izračunavanja zbroja vrijednosti (vrijednosti piksela) u danoj slici ili pravokutnom podskupu mreže (data slika). Također se može koristiti za izračun prosječnog intenziteta unutar dane slike. Ako se želi koristiti integralna slika, obično se prvo provjerava je li slika u sivim tonovima.

- AdaBoost algoritam

AdaBoost također nazvan Adaptive Boosting je tehnika u strojnom učenju koja se koristi kao ansambl metoda. Najčešći algoritam koji se koristi s AdaBoostom su stabla odluke s jednom razinom, odnosno jednom podjelom. Ono što ovaj algoritam radi je da gradi model i daje jednake težine svim podatkovnim točkama. Zatim dodjeljuje veće težine bodovima koji su pogrešno klasificirani. Sada se svim točkama koje imaju veće težine pridaje veća važnost u sljedećem modelu. Te zadržava modele obuke sve dok ne poprime nižu pogrešku.

4. Image Analysis (Analiza slika pomoću računalne vizije)

4.1 Tehnike obrade slike

Tehnike obrade i analize slika uglavnom su kategorizirane u tri razine: obrada na visokoj razini (prepoznavanje i interpretacija), obrada na srednjoj razini (segmentacija slike, predstavljanje i opis slike) i obrada na niskoj razini (prikupljanje i predobrada slike).

4.1.1 Akvizicija slike

Uređaji ili senzori za hvatanje slika koriste se za prikaz i generiranje uzoraka slika. Neki od uređaja ili senzora koji se koriste za generiranje slika uključuju skenere, ultrazvuk, X-zrake i blisku infracrvenu spektroskopiju. Međutim, u računalnom vidu, korišteni senzori slike su tehnologija čvrstog stanja uređaja s prijenosom naboja (CCD – *eng. Charge-coupled device*), odnosno kamera, s nekim primjenama koja koriste uređaje s termionskim cijevima. Nedavna tehnologija usvojila je digitalni fotoaparatus, koji eliminira dodatnu komponentu potrebnu za pretvaranje slika snimljenih fotografskim i CCD kamerama ili drugim sensorima u čitljivi format pomoću računalnih procesora. Slike snimljene digitalnim fotoaparatom održavaju značajke slika s malo „šuma“ zbog promjenjive razlučivosti.

4.1.2 Obrada slike

To se odnosi na početnu obradu sirove slike. Slikane ili snimljene slike prenose se na računalo i pretvaraju u digitalne slike. Digitalne slike, iako su prikazane na zaslonu kao slike, predstavljaju znamenke koje računalo čita i pretvaraju se u sitne točkice ili slikovne elemente koji predstavljaju stvarne objekte. U nekim se slučajevima predobrada vrši radi poboljšanja kvalitete slike suzbijanjem neželjenih izobličenja koja se nazivaju „šumom“ ili pojačavanjem važnih značajki od interesa. Slike ili snimke pretvaraju se u računalno čitljiv format (tj. digitalizirani) ako ih digitalni fotoaparatus nije snimio digitalizatorom ploče za slike. Zatim se digitalizirani format prenosi i koristi kao ulazni podatak, pomoću softvera za obradu slika, za provođenje potrebnih procesa. Svaka kombinacija znamenki predstavlja mali dio slike koji se naziva element slike

(piksel). Objekti su opisani kao crno-bijele slike koje su predstavljene znamenkama u rasponu od 0 do 255 gdje je 0 crno, a 255 bijelo. Svaki piksel u obojenim slikama predstavljen je s 3 znamenke koje predstavljaju RGB [crvenu, zelenu, plavu] komponentu, a svaka znamenka ide od najtamnije do najsvjetlije RGB (0 - 255). Raspored tih znamenki u formatu redaka ili stupaca daje prikaz slike. Ovim se aranžmanom može izvršiti analiza slike pomoću teorije matrica i drugih matematičkih tehnika.

4.1.3 Segmentacija

Segmentacija slike postupak je rezanja, dodavanja i analize značajki slika čiji je cilj podijeliti sliku na područja koja imaju jaku korelaciju s objektima ili područjima od interesa, koristeći princip matricne analize. Segmentacija se može postići sljedećim tehnikama: granična vrijednost, segmentacija na temelju ruba i segmentacija na temelju regije. Pragovi se koriste u karakterizaciji područja slike na temelju stalne refleksije ili apsorpcije svjetlosti njihove površine. To pokazuje da se regije s istim značajkama karakteriziraju i izdvajaju zajedno. Pragovi su postupak u kojem je interesantno samo tamno područje, a ostala područja pretvaraju se u boju pozadine na razmrvljenoj slici prije daljnje obrade, poput slanja signala na uređaj za donošenje odluke na temelju značajki. Ovaj je postupak koristan za sortiranje u boji (zrelost) i značajkama (otkrivanje nedostataka i oštećenja).



Slika 2: Prikaz segmentacije objekata

Izvor: Samostalni prijevod autora; <https://data-flair.training/blogs/image-segmentation-machine-learning>

Segmentacija temeljena na rubovima oslanja se na otkrivanje operatora od ruba do ruba, koji otkrivaju diskontinuitete u razini sive, piksela, boji, teksturi, itd. Detekcija rubova korisna je u sortiranju oblika i veličine.

Segmentacija temeljena na regijama uključuje grupiranje i izdvajanje sličnih piksela kako bi se oblikovale regije koje predstavljaju pojedinačne objekte unutar slike kao što je prikazano na slici 2. U ovom se procesu brišu ostale regije, ostavljajući samo značajku od interesa.

Obrada na visokoj razini bavi se prepoznavanjem i interpretacijom slika pomoću statističkih klasifikatora ili neuronskih mreža za više igrača od područja interesa. Digitalna morfologija skupina je matematičkih operacija koje se mogu primijeniti na skupu piksela kako bi se poboljšali ili istaknuli određeni aspekti oblika kako bi se mogli prebrojati ili prepoznati. Tekstura učinkovito opisuje svojstva elemenata koji čine površinu predmeta, pa se vjeruje da mjerenja teksture sadrže značajne informacije za prepoznavanje uzoraka predmeta. Ponavljanje uzorka ili uzoraka preko regije naziva se tekstura, ovaj se obrazac može točno ponoviti ili uz male varijacije. Tekstura ima sukobljeni slučajni aspekt, veličinu, oblik, boju i orijentaciju elemenata uzorka (tekstoni). Iako se tekstura može grubo definirati kao kombinacija nekih urođenih svojstava slike, uključujući finoću, grubost, glatkoću, granulaciju, slučajnost, liniju, itd. Strogo znanstvena definicija još uvijek nije utvrđena, sukladno tome, ne postoji idealna metoda za mjerenje tekstura.

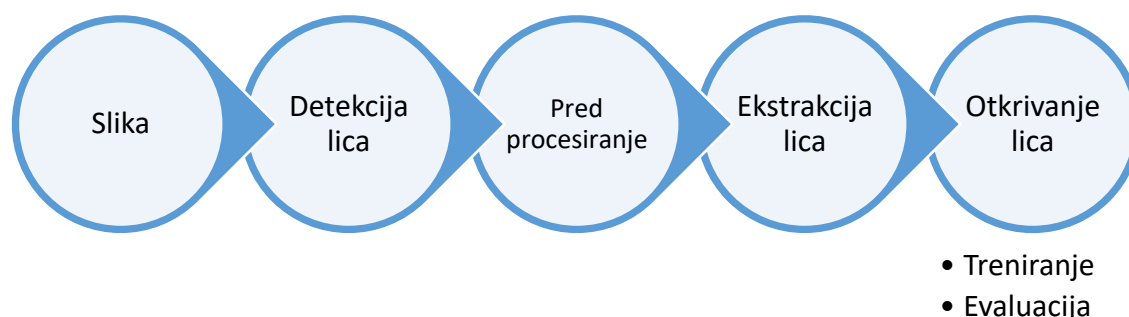
Ovi koraci pružaju informacije potrebne za upravljanje postupkom ili strojem za sortiranje i ocjenjivanje kvalitete. Interakcija svih ovih razina i baze podataka znanja vrlo su važne i bitne za preciznije donošenje odluka i smatraju se sastavnim dijelom procesa obrade slike. Te se teorije, kada se primjenjuju na slike snimljenih proizvoda, mogu koristiti za izdvajanje značajki koje su potrebne za zadane procese. Općenito, otkrivanje rubova za određivanje oblika i izdvajanje značajki radi utvrđivanja razlika u boji, korisno je za identifikaciju i klasifikaciju.

5. Face recognition

Prepoznavanje lica izraz je koji uključuje nekoliko podproblema. U bibliografiji postoje različite klasifikacije ovih problema, neki od njih bit će objašnjeni u ovom odjeljku.

Ulaz sustava za prepoznavanje lica uvijek je slikovni ili video tok. Izlaz je identifikacija ili provjera jednog ili više subjekata koji se pojavljuju na slici ili videozapisu. Neki pristupi definiraju sustav prepoznavanja lica kao postupak u tri koraka. S ove točke gledišta, faze prepoznavanja lica i uklanjanja značajki mogle bi se istodobno pokretati.

Prepoznavanje lica definira se kao postupak izdvajanja lica iz scena. Dakle, sustav pozitivno identificira određeno područje slike kao lice. Ovaj postupak ima mnogo aplikacija poput praćenja lica, procjene poze ili kompresije. Sljedeći korak je vađenje osobina, a navedeno uključuje dobivanje relevantnih crta lica iz podataka. Te značajke mogu biti određene regije lica, varijacije, kutovi ili mjere, koje mogu biti relevantne za čovjeka, primjerice razmak između očiju, ili ne. Ova faza ima i druge programe poput praćenja crta lica ili prepoznavanja emocija. Konačno, sustav prepoznaje lice. U identifikacijskom zadatku, sustav bi prijavio identitet iz baze podataka. Ova faza uključuje metodu usporedbe, algoritam klasifikacije i mjeru točnosti. Navedena se faza koristi metodama uobičajenim za mnoga druga područja koja također rade neki postupak klasifikacije, zvučni inženjering, rudarenje podataka i druge. Te se faze mogu spojiti ili dodati nove, stoga, mogli bismo pronaći mnogo različitih inženjerskih pristupa problemu prepoznavanja lica. Otkrivanje i prepoznavanje lica moglo bi se izvesti u tandemu ili prijeći na analizu izraza prije normalizacije lica.



Slika 3: Arhitektura sustava za prepoznavanje lica

Izvor: Samostalni prijevod autora; <https://www.intechopen.com/chapters/17155>

Detekcija lica je prva faza svakog sustava za prepoznavanje lica i ključna razlika između poluautomatskog i potpuno automatskog prepoznavача lica. Detekcija lica predstavlja vrlo važan korak prije prepoznavanja lica, jer je točnost procesa prepoznavanja izravna funkcija točnosti procesa detekcije. U predprocesiranju, slika lica može se obraditi nizom tehnika obrade kako bi se smanjio učinak čimbenika koji mogu negativno utjecati na algoritam za prepoznavanje lica, primjerice, poza lica i osvjetljenje. U koraku ekstrakcije izračunavaju se značajke koje se koriste u fazi prepoznavanja. Ove značajke variraju ovisno o korištenom sustavu za automatsko prepoznavanje lica. Na primjer, prve i najjednostavnije značajke korištene u prepoznavanju lica bile su geometrijski odnosi i udaljenosti između važnih točaka na licu, a algoritam prepoznavanja odgovara tim udaljenostima.

Blok za prepoznavanje lica sastoji se od 2 odvojene faze, procesa treniranja, gdje se algoritam unosi uzorcima predmeta koje treba naučiti te se određuje poseban model za svaki predmet, i proces evaluacije u kojem se model novostečenog ispitivanog subjekta uspoređuje sa svim postojećim modelima u bazi podataka i određuje se model koji mu najviše odgovara. Ako su dovoljno blizu, pokreće se događaj prepoznavanja.

U današnje vrijeme neke aplikacije prepoznavanja lica ne zahtijevaju otkrivanje lica. U nekim su slučajevima slike lica, pohranjene u bazama podataka, već normalizirane. Postoji standardni format unosa slike, tako da nije potreban korak otkrivanja. Primjer za to može biti baza podataka o kriminalu, agencija za provođenje zakona pohranjuje lica ljudi s kaznenom prijavom, ako postoji novi subjekt i policija ima njegovu putovničku fotografiju, otkrivanje lica nije potrebno. Međutim, uobičajene ulazne slike sustava računalnog vida nisu toliko prikladne, mogu sadržavati mnogo predmeta ili lica. U tim je slučajevima otkrivanje lica obavezno. Također je neizbježno ako želimo razviti automatizirani sustav praćenja lica. Na primjer, sustavi video nadzora pokušavaju uključiti otkrivanje, praćenje i prepoznavanje lica. Stoga je razumno pretpostaviti otkrivanje lica kao dio opsežnijeg problema s prepoznavanjem lica.

Otkrivanje lica mora se nositi s nekoliko dobro poznatih izazova. Obično su prisutni na slikama snimljenim u nekontroliranim okruženjima, poput nadzornih video sustava. Ti se izazovi mogu pripisati čimbenicima kao što su:

- Variranje poze. Idealan scenarij za otkrivanje lica bio bi onaj u kojem bi bile uključene samo frontalne slike. Ali, kako je rečeno, to je vrlo malo vjerojatno u općenito nekontroliranim uvjetima. Štoviše, izvedba algoritama za otkrivanje lica ozbiljno opada kada postoje velike varijacije poze, to je glavno istraživačko pitanje. Variranje poze može se dogoditi zbog pokreta subjekta ili kuta kamere.
- Blok obilježja. Prisutnost elemenata poput brade, naočala ili šešira uvodi veliku varijabilnost. Lica također mogu biti djelomično prekrivena predmetima ili drugim licima.
- Izraz lica. Značajke lica također se uvelike razlikuju zbog različitih gesta lica.
- Uvjeti snimanja. Različiti fotoaparati i ambijentalni uvjeti mogu utjecati na kvalitetu slike, utječući na izgled lica.

Postoje neki problemi usko povezani s otkrivanjem lica, osim izdvajanja značajki i klasifikacije lica, to je lokacija lica, pojednostavljeni pristup otkrivanju lica. Cilj mu je odrediti mjesto lica na slici gdje postoji samo jedno lice. Možemo razlikovati otkrivanje lica i položaj lica, jer je potonje pojednostavljeni problem prvog.

Metode poput lociranja granica glave prvo su korištene na ovom scenariju, a zatim izvezene do složenijih problema. Otkrivanje značajki lica odnosi se na otkrivanje i lociranje nekih relevantnih značajki, poput nosa, obrva, usana, ušiju, itd. Neki algoritmi za izdvajanje značajki temelje se na otkrivanju značajki lica. Praćenje lica je drugi problem koji je ponekad posljedica prepoznavanja lica. Cilj mnogih sustava nije samo otkriti lice, već i moći ga locirati u stvarnom vremenu. Još jednom je dobar primjer sustav video nadzora.

5.1 Pristupi otkrivanju lica

Nije lako dati taksonomiju metoda otkrivanja lica. Ne postoje globalno prihvaćeni kriteriji za grupiranje, obično se miješaju i preklapaju. U ovom će odjeljku biti predstavljena dva kriterija razvrstavanja. Jedan od njih razlikuje različite scenarije. Ovisno o tim scenarijima, mogu biti potrebni različiti pristupi. Ostali kriteriji dijele algoritme otkrivanja u četiri kategorije.

➤ **Otkrivanje ovisno o scenariju.**

- Kontrolirano okruženje. To je najjednostavniji slučaj, fotografije se snimaju pod kontroliranom svjetlošću, pozadinom, itd. Za otkrivanje lica mogu se koristiti jednostavne tehnike otkrivanja rubova.
- Slike u boji. Tipične boje kože mogu se koristiti za pronalaženje lica. Mogu se oslabiti ako se promjene svjetlosni uvjeti. Štoviše, ljudska se boja kože puno mijenja, od gotovo bijele do gotovo crne. Nekoliko studija pokazuju da se glavna razlika nalazi u njihovom intenzitetu, tako da je krominiranje dobra karakteristika. Nije lako uspostaviti čvrst prikaz ljudske boje kože. Međutim, postoje pokušaji da se izgrade robusni algoritmi za otkrivanje lica na temelju boje kože.
- Slike u pokretu. Video u stvarnom vremenu daje priliku za korištenje pokreta radi lokalizacije lica. Danas većina komercijalnih sustava mora locirati lica u videozapisima. Stalni je izazov postići najbolje rezultate otkrivanja uz najbolje moguće performanse. Sljedeći pristup koji se temelji na kretanju je otkrivanje treptaja očima, koje osim otkrivanja lica ima i mnoge druge svrhe.

Metode otkrivanja lica, kao što je prije navedeno, podijeljene su u četiri kategorije. Te se kategorije mogu preklapati, pa algoritam može pripadati u dvije ili više kategorija. Ova se klasifikacija može izvršiti na sljedeći način:

- Metode utemeljene na znanju. Metode utemeljene na pravilima koje kodiraju naše znanje o ljudskim licima.
- Metode invarijantne o svojstvima. Algoritmi koji pokušavaju pronaći stabilne značajke lica unatoč kutu ili položaju.
- Metode podudaranja predložaka. Ovi algoritmi uspoređuju ulazne slike sa pohranjenim uzorcima lica ili značajki.
- Metode temeljene na izgledu. Metoda podudaranja predloška čija se baza obrazaca uči iz niza slika treninga.

➤ **Metode utemeljene na znanju.**

To su metode utemeljene na pravilima. Pokušavaju uhvatiti naše znanje o licima i prevesti ih u skup pravila. Lako je pogoditi neka jednostavna pravila. Na primjer, lice obično ima dva simetrična oka, a područje oko očiju je tamnije od obraza. Značajke

lica mogu biti udaljenost između očiju ili razlika u intenzitetu boje između područja oko očiju i donje zone. Veliki problem ovih metoda je poteškoća u izgradnji odgovarajućeg skupa pravila. Moglo bi biti mnogo lažnih pozitivnih rezultata da su pravila preopćenita. S druge strane, moglo bi biti mnogo lažnih negativa da su takva pravila previše detaljna. Rješenje je izgradnja hijerarhijskih metoda temeljenih na znanju kako bi se ovi problemi prevladali. Međutim, samo je ovaj pristup vrlo ograničen, nije moguće pronaći mnoga lica na složenoj slici. Druga su istraživanja pokušala pronaći neke invarijantne značajke za otkrivanje lica, ideja je bila prevladati granice našeg instinktivnog znanja o licima. Metoda je podijeljena u nekoliko koraka. Kao prvo, pokušava pronaći okom analogne piksele, pa uklanja neželjene piksele sa slike. Nakon izvođenja postupka segmentacije, svaki analogni dio oka smatra se kandidatom jednog od oka, zatim se izvršava skup pravila kako bi se odredio potencijalni par očiju. Nakon odabira očiju, algoritam izračunava površinu lica kao pravokutnik. Četiri vrha lica određena su skupom funkcija, dakle, potencijalna lica su normalizirana na fiksnu veličinu i orijentaciju, zatim se područja lica provjeravaju pomoću neuronske mreže za širenje leđa, te na kraju primjenjuju troškovnu funkciju za konačni odabir. Izvještavaju o stopi uspješnosti od 94%, čak i na fotografijama s mnogo lica. Ove se metode pokazuju učinkovitima pomoću jednostavnih unosa. Ali, što se događa ako osoba nosi naočale? Postoje i druge značajke koje se mogu nositi s tim problemom. Na primjer, postoje algoritmi koji otkrivaju teksture nalik licu ili boju ljudske kože. Vrlo je važno odabrati najbolji model boje za otkrivanje lica. Neka nedavna istraživanja koriste više od jednog modela u boji. Na primjer, RGB i HSV (*eng. Hue, Saturation, Value*) zajedno se uspješno koriste.

➤ **Podudaranje predloška**

Metode podudaranja predložaka pokušavaju definirati lice kao funkciju. Pokušava se pronaći standardni obrazac svih lica. Različite značajke mogu se definirati neovisno, na primjer, lice se može podijeliti na oči, konturu lica, nos i usta. Također se model lica može izraditi po rubovima. Ali ove su metode ograničene na lica koja su frontalna i nepropusna. Lice se može predstaviti i kao silueta. Ostali predlošci koriste odnos između područja lica u smislu svjetline i tame. Ti se standardni uzorci uspoređuju s ulaznim slikama za otkrivanje lica. Ovaj je pristup jednostavan za primjenu, ali je neadekvatan za otkrivanje lica. Ne može postići dobre rezultate s varijacijama u pozi,

mjerilu i obliku. Međutim, predloženi su deformabilni predlošci za rješavanje ovih problema.

➤ Metode temeljene na izgledu

Predlošci u metodama temeljenim na izgledu uče se iz primjera na slikama. Općenito, metode temeljene na izgledu oslanjaju se na tehnike statističke analize i strojnog učenja kako bi pronašle relevantne karakteristike slika lica. Neke metode temeljene na izgledu djeluju u vjerojatnosnoj mreži. Slika ili vektor značajke slučajna je varijabla s određenom vjerojatnošću pripadanja licu ili ne. Drugi je pristup definiranje diskriminirajuće funkcije između klasa lica. Ove metode se također koriste u izdvajanju značajki za prepoznavanje lica. Ipak, ovo su najrelevantnije metode ili alati:

- Na osnovi vlastitog lica. Metoda za učinkovito predstavljanje lica pomoću PCA (*eng. Principal component analysis* - Analiza glavne komponente). Cilj ovoga pristupa je predstaviti lice kao koordinatni sustav. Vektori koji čine ovaj koordinatni sustav nazivaju se svojstvenim slikama. Kasnije se koristio ovaj pristup da bi se razvio algoritam za prepoznavanje temeljen na vlastitom licu.
- Na osnovi distribucije. Ti su sustavi prvi put predloženi za otkrivanje objekata i uzoraka. Ideja je bila prikupiti dovoljno velik broj prikaza uzoraka za klasu uzorka koju se želi otkriti, pokrivajući sve moguće izvore varijacija slike koje želimo obraditi. Tada se bira odgovarajući prostor obilježja. Ona mora predstavljati klasu uzorka kao raspodjelu svih njezinih dopuštenih pojavljivanja na slici. Sustav podudara sliku kandidata s kanonskim modelom lica temeljenim na distribuciji. Postoji obučeni klasifikator koji ispravno identificira instance ciljne klase uzorka iz uzoraka pozadinske slike, na temelju skupa mjerenja udaljenosti između ulaznog uzorka i predstavljanja klase na osnovi distribucije u odabranom prostoru značajki.

Algoritmi poput PCA ili Fisherovog diskriminatora mogu se koristiti za definiranje potprostora koji predstavljaju uzorke lica, primjerice:

- Neuronske mreže. Neuronske su se mreže uspješno suočile s mnogim problemima prepoznavanja uzoraka poput prepoznavanja predmeta, znakova, itd. Ovi se sustavi mogu koristiti za otkrivanje lica na različite načine. Neka rana istraživanja koristila su neuronske mreže kako bi naučila uzorke lica. Definirali

su problem otkrivanja kao dvoklasni problem. Pravi je izazov bio predstaviti klasu "slike koje ne sadrže lica". Drugi pristup je korištenje neuronskih mreža za pronalaženje diskriminirajuće funkcije za klasifikaciju obrazaca pomoću mjera udaljenosti. Neki su pristupi pokušali pronaći optimalnu granicu između slika lica bez ograničenja generativnog modela.

- Potporni vektorski strojevi. SVM-ovi (*eng. Support vector machines*) su linearni klasifikatori koji maksimiziraju razmak između hiperplana odluke i primjera u skupu treninga. Dakle, optimalna hiperravnina trebala bi umanjiti pogrešku klasifikacije neviđenih testnih obrazaca.
- Oskudna mreža vinova. (SnoW – *eng. Sparse Network of Windows*) Sastoji se od rijetke mreže od dvije linearne jedinice ili ciljanih čvorova, jedan koji predstavlja obrasce lica, a drugi za obrasce bez lica. SNoW je imala postepeno naučeni prostor značajki. Novi etiketirani slučajevi poslužili su kao pozitivan primjer za jedan cilj i kao negativan primjer za preostale ciljeve. Sustav se u to vrijeme pokazao učinkovitim i brzim.
- Naive Bayesovi klasifikatori. Schneiderman i Kanade opisali su algoritam prepoznavanja objekata koji je modelirao i procijenio Bayesov klasifikator. Izračunali su vjerojatnost da lice bude prisutno na slici računajući učestalost pojavljivanja niza uzoraka na slikama s treninga, poput intenziteta oko očiju. Klasifikator je obuhvatio zajedničke statistike lokalnog izgleda i položaja lica kao i statistike lokalnog izgleda i položaja u vizualnom svijetu. Sve u svemu, njihov algoritam pokazao je dobre rezultate u frontalnom otkrivanju lica. Bayesovi klasifikatori također su bili korišteni kao komplementarni dio ostalih algoritama za otkrivanje.
- Skriveni Markovljev model ili HMM (*eng. Hidden Markov Model*). Ovaj statistički model korišten je za otkrivanje lica. Izazov je izgraditi odgovarajući HMM, tako da se može vjerovati izlaznoj vjerojatnosti. Stanja modela bile bi crte lica, koje se često definiraju kao trake piksela. Vjerojatnosni prijelaz između stanja obično su granice između ovih traka piksela. Kao i u slučaju Bayesiansa, HMM se obično koristi zajedno s drugim metodama za izgradnju algoritama za otkrivanje.
- Informacijsko - teorijski pristup. Markovljeva slučajna polja (MRF – *eng. Markov Random Field*) mogu se koristiti za modeliranje kontekstualnih ograničenja

uzorka lica i koreliranih obilježja. Markovljev proces maksimizira diskriminaciju između klasa (slika ima lice ili ne) koristeći Kullback-Leiblerovu divergenciju. Stoga se ova metoda može primijeniti u otkrivanju lica.

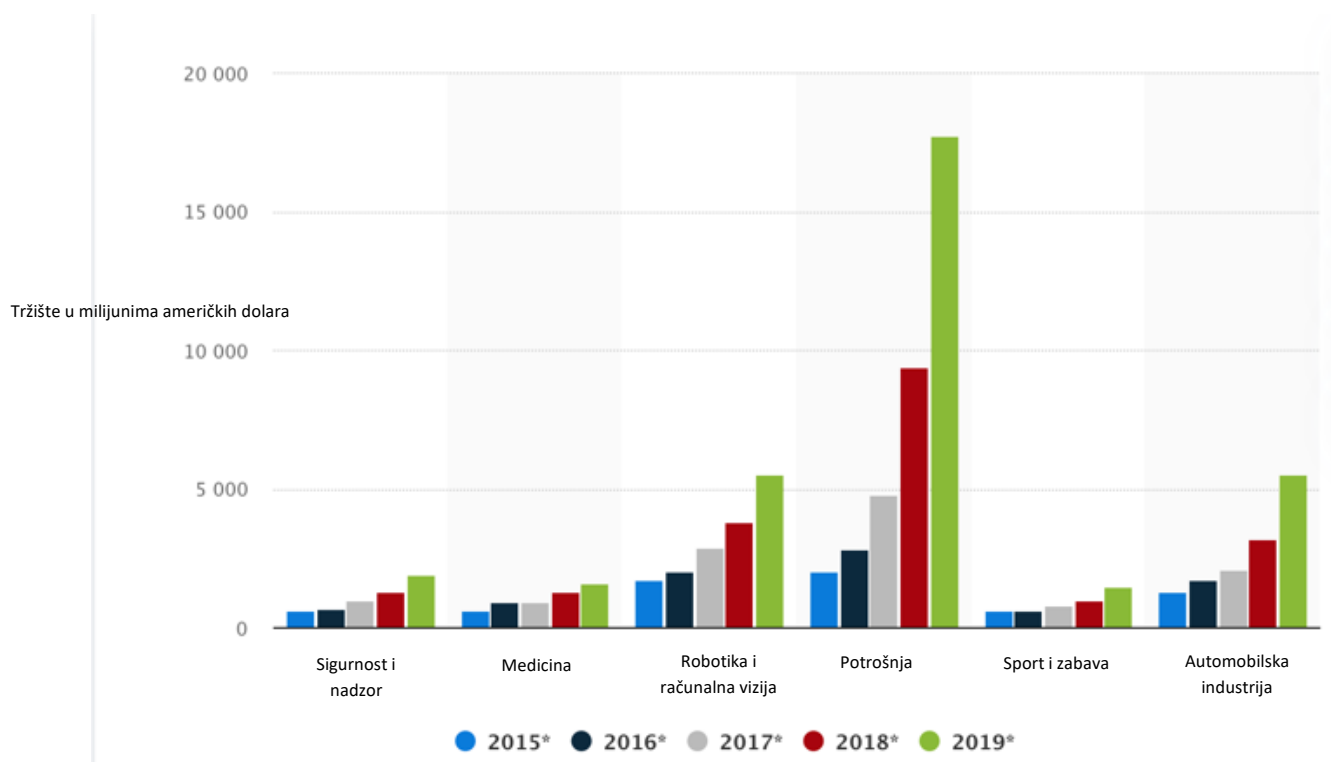
- Induktivno učenje. Ovaj pristup korišten je za otkrivanje lica. U tu svrhu korišteni su algoritmi poput Quinlanovog C4.5 ili Mitchellovog FIND-S.

6. Načini korištenja računalne vizije

6.1 Primjena računalne vizije u različitim sektorima i industrijama

Primjena tehnologije računalnog vida vrlo je svestrana i može se prilagoditi mnogim industrijama na različite načine. Neki se slučajevi upotrebe događaju iza kulisa, dok su drugi vidljiviji.

Grafikon 2: Prihodi tržišta računalne vizije (AI) širom svijeta, od 2015. do 2019. godine



Izvor: Samostalni prijevod autora; Statista; <https://www.statista.com/statistics/641922/worldwide-artificial-intelligence-computer-vision-market-revenues/>

Kao što možemo vidjeti na Grafikonu 2, u svim je industrijama u 2019. godini došlo do značajnog rasta u tržištu prema korištenju računalne vizije. Industrije koje su navedene u grafikonu jesu: osiguranje i nadzor, medicina, robotika, trgovina, sport i zabava, te automobilska industrija. Najveći pomak bio je u trgovini, dok je najmanji u sportu i zabavi.

U nastavku će biti navedeni primjeri korištenja računalne vizije u raznim industrijama, kao što su automobilska ili slične, te u raznim sektorima kao što su zdravstvo, financije, maloprodaja, itd.

6.1.1 Automobilska industrija

Neke od najpoznatijih aplikacija računalne vizije izradila je Tesla, američka automobilistička tvrtka, te jedan od primjera korištenja računalne vizije je funkcija Autopilot. Ovaj proizvođač automobila lansirao je svoj sustav, i to još 2014. godine, koji pomaže vozaču sa samo nekoliko značajki, poput centriranja traka i samostalnog parkiranja, ali danas možemo reći kako je ova tvrtka dostigla razinu potpuno autonomnih automobila. Značajke poput Teslinog autopilota moguće su zahvaljujući startupima, poput Mighty AI, koji nude platformu za generiranje točnih i raznolikih bilješki na skupovima podataka za obuku, provjeru valjanosti i testiranje algoritama povezanih s autonomnim vozilima.⁸

6.1.2 Proizvodnja

U proizvodnji uobičajeno je vidjeti degradaciju materijala i koroziju koja uzrokuje deformaciju opreme. Ako se ne postupa pravilno, ovaj proces može zaustaviti proizvodne linije i ugroziti sigurnost radnika. Računalni vid pomaže u praćenju strojeva i opreme kako bi se pronašle potrebe održavanja i proaktivno ih riješile prije nego što bude prekasno. Uređaji s računalnim vidom prate dolazne podatke iz strojeva putem kamera koje identificiraju nedostatke i druge promjene. Kada otkriju problem, šalju signal sustavu, omogućujući ljudskim operaterima da poduzmu korektivne mjere prije nego što se sredstvo ošteti ili dogodi nesreća. Na primjer, ZDT softver koji je izradio FANUC, japanska skupina tvrtki koja pruža proizvode i usluge automatizacije. Softver je dizajniran za preventivno održavanje i za prikupljanje slika s kamere pričvršćene na robote. Zatim se ti podaci obrađuju kako bi se pružila dijagnoza prikupljenih podataka i otkrili svi potencijalni problemi.⁹

⁸ Tesla; Artificial Intelligence & Autopilot; <https://www.tesla.com/AI>

⁹ FANUC; ZDT (Zero Down Time); <https://www.fanuc.co.jp/en/product/robot/function/zdt.html>

6.1.3 Maloprodaja

Walmart koristi računalni vid za sprječavanje krađe i smanjenja razlika u inventuri u 1000 trgovina diljem zemlje. Izbacili su program za otkrivanje propuštenog skeniranja koji pomoću kamera u trenu otkriva pogreške i kvarove skeniranja. Jednom kad se otkrije pogreška, tehnologija obavještava upravitelje blagajne kako bi je mogli riješiti. Ova inicijativa pomaže smanjiti "skupljanje" koje kombinira krađu, pogreške skeniranja i prijevare. Za sada se program pokazao učinkovitim u digitalizaciji nadzora blagajne i sprječavanju gubitaka.

Startup pod nazivom Mashgin radi na rješenju sličnom Amazonu Go. Tvrtka radi na kiosku za samoprovjeru koji koristi računalni vid, 3D rekonstrukciju i duboko učenje za istovremeno skeniranje nekoliko predmeta bez potrebe za crtičnim kodovima. Proizvod tvrdi da smanjuje vrijeme odjave do 10 puta. Njihovi su glavni kupci kafići i blagovaonice kojima upravlja Compass Group.¹⁰

Neke od funkcija računalne vizije kojima se koriste navedene tvrtke su prepoznavanje ljudske aktivnosti i vizualna lokalizacija u zatvorenom prostoru. Prepoznavanje ljudske aktivnosti sustav je računalnog vida koji se može osposobiti da identificira trenutnu aktivnost čovjeka u videozapisu (npr. hodanje, sjedenje), što može biti korisno za kvantificiranje broja ljudi koji sjede u gomili ili identificiranje uskih grla protoka mase. Vizualna lokalizacija u zatvorenom prostoru može se koristiti za uparivanje trenutne slike ili videozapisa unutarnjeg okruženja u stvarnom vremenu s bazom podataka poznatih snimaka i lociranje trenutne korisničke pozicije u tom unutarnjem okruženju.

6.1.4 Financijske usluge

Primjena tehnika računalnog vida transformira i rješava neke dugotrajne probleme među financijskim tvrtkama, to uključuje kibernetičku sigurnost, upravljanje korisničkim iskustvom, identifikaciju i provjeru autentičnosti transakcija. Korištenje biometrije i prepoznavanja slika za autentifikaciju pomaže bankama poboljšati sigurnost i boriti se protiv potencijalnih prijevvara. CaxiaBank je otišla korak dalje i

¹⁰ <https://www.mashgin.com>

omogućila korisnicima podizanje novca putem bankomata pomoću prepoznavanja lica. Bankomat može potvrditi do 16.000 točaka na slici lica kako bi u potpunosti potvrdio identifikaciju osobe koja podiže novac.

Iskustvo kupaca također se može poboljšati računalnim vidom. Jedan primjer može biti korištenje slika za prepoznavanje kupca dok ulazi u poslovnici, što znači da dobiva najbolju moguću uslugu. Zajedno s prediktivnom analitikom, mogli su čak utvrditi zašto bi klijent mogao biti u poslovnici prije nego što uopće porazgovara sa savjetnikom. Druge potencijalne primjene uključuju provjeru izraza lica i emocija za koje analiza pokazuje da su znakovi prijevara i sumnjivo ponašanje.

Zatim klasifikacija dokumenata dugotrajan je i iscrpljujući zadatak u svijetu komercijalnog bankarstva. Računalni vid ima sposobnost automatizacije većine procesa. Alat kao što je Amazon Rekognition može brzo čitati nestrukturirane dokumente, uključujući slike i videozapise. Industrija osiguranja je ona koja je pripremljena za korištenje računalnog vida. Na primjer, u stambenim objektima, računalni vid mogao bi precizno analizirati slike kako bi istražio stanje prostora ili doma. To istovremeno negira potrebu za fizičkom inspekcijom, dok se podaci automatski pohranjuju u slučaju da su potrebni u trenutku gubitka.¹¹

6.1.5 Zdravstvo

Tehnologija računalnog vida nudi sljedeće prednosti zdravstvenoj industriji: točnu i učinkovitu analizu slika, pametne operacijske dvorane, bolju identifikaciju pacijenata, bolju zdravstvenu sigurnost i druge. Iako računala neće u potpunosti zamijeniti zdravstveno osoblje, na ovaj način služe kao pomoćno sredstvo zdravstvenom osoblju.

Na primjer, Gauss Surgical monitor krvi u stvarnom vremenu rješava problem netočnog mjerenja gubitka krvi tijekom ozljeda i operacija. Monitor dolazi s jednostavnom aplikacijom koja koristi algoritam koji analizira slike kirurških spužvi

¹¹ <https://aws.amazon.com/rekognition>

kako bi se točno predvidjelo koliko je krvi izgubljeno tijekom operacije. Ova tehnologija može uštedjeti oko 10 milijardi dolara u nepotrebnoj transfuziji krvi svake godine.

Jedan od glavnih izazova s kojim se suočava zdravstveni sustav je količina podataka koju daju pacijenti. Procjenjuje se da se podaci u vezi sa zdravstvom utrostruče svake godine. Danas se ljudi kao pacijenti oslanjaju na banku znanja medicinskog osoblja koja će analizirati sve te podatke i postaviti ispravnu dijagnozu. To ponekad može biti teško. Još jedan od primjera korištenja računalne vizije u medicini je Microsoftov projekt InnerEye. On radi na razvoju alata koji koristi umjetnu inteligenciju za analizu trodimenzionalnih radioloških slika. Tehnologija potencijalno može ubrzati postupak 40 puta i predložiti najučinkovitije tretmane.

Tipičan EHR (*eng. Electronic Health Records*) sustav može zahtijevati od kirurških medicinskih sestara da naprave do 100 klikova kako bi dokumentirali kirurški zahvat. Sustavi računalnog vida mogu eliminirati potrebu za ovim ručnim naporom, izravnim promatranjem i dokumentacijom, smanjujući ili eliminirajući potrebu za ljudskim unosom. Ovaj napredak omogućuje liječnicima i medicinskim sestrama da troše više vremena na njegu pacijenata, pomažući u smanjenju stresa za pružatelje usluga i poboljšavajući ishode za pacijente. Pametne operacijske sobe s ovom tehnologijom također mogu spriječiti pogreške. Procjenjuje se da 1500 operacija svake godine rezultira ostavljanjem stranog tijela u pacijentu. Računalni sustavi vida mogu pratiti kirurške potrepštine i alate za zaštitu od ozljeda uzrokovanih takozvanim "zadržanim kirurškim tijelima" (RSB – *eng. Retained Surgical Bodies*). Upozoravajući pružatelje usluga na RSB, sustavi računalnog vida za zdravstvenu njegu pomažu u ublažavanju značajnog izvora stresa tijekom operacije, a istovremeno značajno poboljšavaju njegu pacijenata i kirurške rezultate.

6.1.6 Poljoprivreda

Poljoprivreda i agronomija nisu iznimka od raširenog porasta tehnologije računalnog vida. Prilagodba strojnog učenja i dubokog učenja poljoprivredi mijenja igru jer daje mjesto učinkovitijim, točnim i automatiziranim procesima unutar industrije. Primjene računalnog vida u poljoprivredi su: pružanje ruku u mapiranju, analiza tla, brojanje stoke, procjena prinosa usjeva i njegove zrelosti i još mnogo toga. RSIP vizija razvila

je mnoštvo poljoprivrednih rješenja. Koristeći duboko učenje, senzorne i satelitske snimke, mogu procijeniti sezonski prinos prije berbe. Poljoprivrednicima su omogućili procjenu prinosa pomoću svojih pametnih telefona ili tableta.

One Soil Platform usmjerava poljoprivredu. Oni razvijaju rješenja koja pomažu u prikupljanju terenskih podataka i nadgledanju biljaka. Što je još važnije, tehnologija može pomoći u obavljanju rutinskih i dugotrajnih zadataka poput sadnje, berbe i procjene zdravlja i razvoja biljaka. Sve u jednom, pomaže poljoprivrednicima da usmjere svoj posao.¹²

6.1.7 Nadzor

U svijetu koji želi biti sigurniji i povezaniji, Multitelov odjel računalnog vida razvija inovativne sustave u području videonadzora. Glavni cilj je poboljšati vizualizaciju i proces donošenja odluka ljudskih operatera, ili postojećih rješenja za video nadzor, integracijom algoritama za analizu video podataka u stvarnom vremenu kako bi se razumio sadržaj snimljene scene i iz njega izvukle relevantne informacije. Multitel radi na novim tehnologijama za otkrivanje, prepoznavanje, brojanje i praćenje objekata od interesa unutar video podataka. Razvijeni pristupi sposobni su odgovoriti na specifične zadatke u smislu kontinuiranog praćenja i nadzora u mnogim različitim okvirima primjene: poboljšano upravljanje logistikom u skladištima, brojanje ljudi tijekom okupljanja događaja, praćenje postaja podzemne željeznice, obalnih područja itd.¹³

Integracijom ICT i IoT tehnologija u urbani razvoj gradova, Multitel optimizira upravljanje gradskim resursima kako bi se povećala kvaliteta i učinak usluga prema građanima. Konkretno, jedan od ciljeva kojem se teži sastoji se u poboljšanju mobilnosti kroz kvantitativno, objektivno i automatizirano upravljanje korištenjem resursa (parkirališta, ceste, javni trgovi, itd.) na temelju analize CCTV podataka.

¹² <https://onesoil.ai/en>

¹³ <https://www.multitel.eu>

6.2 Primjena računalne vizije u aplikacijama

Kao što je već navedeno, tehnologija je konačno napredovala do točke u kojoj je masovna upotreba računalnog vida postala održiva. Mobilne aplikacije postale su dovoljno moćne i složene da olakšaju upotrebu aplikacija računalnog vida na načine koji već utječu na korisnikov život. Reakcija i učenje u stvarnom vremenu pružili su sredstva za razna nova korisnička iskustva, kako za zabavu, tako i za praktičnost.

6.2.1 *Snapchat filtri*

Snapchat je jedna od najistaknutijih aplikacija koja primjenjuje računalni vid radi razrade njihove korisničke baze. Od psećih ušiju preko cvjetnih kruna do duginih slapova, Snapchat nudi razne načine za promjenu lica. To je, naravno, moguće zahvaljujući pojavljivanju aplikacije za računalni vid koja može manipulirati slikama u stvarnom vremenu. Filtri funkcioniraju tako da Snapchat analizira korisnikovo lice i, u nekoliko sekundi, prepoznaje i kvantificira njegove značajke i strukture. Ljudsko lice ima nekoliko orijentira koji pružaju izvrsne točke za ovaj proces, uključujući nos, usta, oči i obrve. Nakon što je vaše lice mapirano, Snapchat se oslanja na svoje duboko učenje kako bi izjednačio korisnikove značajke s "prosječnim licem". "Prosječno lice" najvažniji je dio za filtere u stvarnom vremenu, jer računalni vid stvara mrežu koja se preklapa sa strukturom korisnikovog lica. Odatle algoritam može reagirati i manipulirati svojim odabirom filtara kako bi odgovarao kada se korisnikovo lice mijenja.

6.2.2 *Amazon Go*

Amazon Go je zamišljen kao trgovina u kojoj je proces kupovine savršeno pojednostavljen. Korisnik uđe, stavi u košaricu ono što mu treba i izađe, a da nema kontakta s blagajnikom. Iako je to nekada moglo biti više znanstvena fantastika nego stvarnost, Amazon je, zahvaljujući moći računalne vizije i strojnog učenja, pružio upravo to. Amazon Go je suradnja aplikacije i trgovine, korisniku je potrebno samo jedno, a to je aplikacija, da uđe u drugo, trgovinu. Amazon Go koristi računalni vid kako bi pratio zalihe, održavanje trgovine i svakog kupca u trgovini, te kako bi osigurao

sigurnost i učinkovitost. Njihove kamere i senzori, smješteni oko trgovine, otkrivaju i povezuju sve u trgovini s njihovim Amazon računom, dok istovremeno drže zalihu svakog artikla kojeg svaki kupac u stvarnom vremenu nosi. Ukratko, to je impresivno i dostupno samo ovom specifičnom tehnologijom umjetne inteligencije. Čim korisnik završi s kupnjom, može izaći ravno kroz vrata i Amazon će automatski naplatiti korisnikov račun za sve što je ponio sa sobom.

6.2.3 Pinterest objektiv

Umjesto da se usredotočuje na kretanje u stvarnom vremenu kao što su Amazon i Snapchat koristili, Pinterest se usredotočuje na ono što radi najbolje: povezuje korisnika s interesima. Sve što je potrebno je snimiti fotografiju nečega, kao što je automobil, biljka ili umjetničko djelo, a Pinterest Lens korisnika odmah usmjerava prema svemu što je inspirirano tim interesom. Kao i za ostale aplikacije, tehnologija umjetne inteligencije je kritična komponenta za postizanje ovog rada, a to čini kroz rad sveobuhvatnog dubokog učenja računalnog vida. Pinterest nije ništa drugo nego album sa slikama, ogroman katalog informacija koji razvija i informira njihov algoritam. Navedeni algoritam dekonstruira, analizira i zatim uspoređuje sliku koju je korisnik snimio s tisućama drugih na Pinterestu i diljem weba.

6.2.4 Amazon Echo Look

Umjesto da se usredotočuje na glazbu i audio funkcije poput ostalih u Amazonovoj Echo liniji proizvoda, Amazon Echo Look posvećen je modi. To uključuje glasovno aktiviranu kameru, tražene savjete o stiliziranju korisnikove odjeće i detaljnu kinematografiju za snimanje najbolje slike. Ne samo da Echo Look analizira odjeću dok utječe na korisnikovu okolinu kako bi stvorio fotogeničnu sličnost, njegove komponente umjetne inteligencije pomažu da se naglasi korisnikov izgled. Također prati što je u pojedinoj garderobi, kategorizira odjeću i predlaže što se može kupiti od Amazona kako bi se upotpunio izgled osobe. Algoritam Echo Look izvodi svoje znanje dubokog učenja kako bi iskoristio iskustva i povratne informacije prikupljene od svojih potrošača za izgradnju jače mreže posvećene modnom dizajnu i stilizaciji. Potrebno

je uzeti u obzir brojne čimbenike da bi se to ispravno postiglo: veličina, ton kože, boja, što je dostupno u garderobi, itd.

6.3 Primjena računalne vizije u poslovnim aplikacijama

Računalni vid je industrija u usponu koja se primjenjuje na mnoge proizvode koje svakodnevno koristi pojedina osoba. Tvrtke za e-trgovinu na svoje web stranice dodaju značajke vizualnog pretraživanja kako bi iskustvo kupovine bilo uglađenije i personaliziranije. U nastavku će biti još primjera korištenja računalne vizije u poslovnim aplikacijama.

Jedan od tih je Apple koji je predstavio Face ID 2017. godine tijekom predstavljanja iPhonea 10. Sustav je predstavljen kao nasljednik Touch ID-a, Appleove prethodne tehnologije provjere autentičnosti putem otiska prsta. No povećanjem brzine obrade neuronskih mreža, Apple je predstavio treću generaciju Face ID-a, koja se pojavila na sceni 2019. godine. Na temelju moćnog senzora za prepoznavanje lica postao je 30% brži. Danas Face ID koriste milijuni ljudi za otključavanje telefona, plaćanje i pristup osobnim podacima. Štoviše, Apple je također omogućio bolje prepoznavanje korisnikovog lica i u maskama. Najnovije ažuriranje iPhonea iOS 13.5 pojednostavilo je cijeli proces. Sada korisnici mogu efikasnije otključati vlastite telefone Face ID-om ili će, ako ne uspije, tehnologija zatražiti da unesu PIN kod.

Kako većina proizvoda ima barkodove na pakiranju, tehnika računalnog vida nazvana OCR može se uspješno primijeniti za automatsko otkrivanje, provjeru, pretvaranje i prevođenje barkodova u čitljiv tekst. Primjenom OCR-a na fotografirane naljepnice ili pakiranja, tekst koji sadrže se izdvaja i provjerava u bazama podataka. Ovaj postupak pomaže identificirati krivo označene proizvode, dati informacije o rokovima valjanosti, informirati o količini proizvoda u časopisu i pratiti pakiranja u svim fazama razvoja proizvoda.

S obzirom na oštru tržišnu konkurenciju, tvrtkama u prometu nekretnina postaje sve izazovnije istaknuti se. U tom smislu, računalni vid je instrument za pružanje vrhunske kvalitete korisničkog iskustva. Algoritmi računalnog vida omogućuju tvrtkama da automatski klasificiraju prostorije i analiziraju uvjete u prostoriji. Njihova upotreba

može generirati pretražive metapodatke potrebne za poboljšano korisničko iskustvo. Uvođenje softvera računalne vizije u poslovanje nekretninama može eliminirati potrebu za ručnom obradom opsežnih skupova podataka. Stoga klijenti mogu potrošiti manje vremena na traženje informacija kada se ti podaci prevedu u određene ključne riječi ili parametre pretraživanja. Imati će otvoren pristup preciznim i vrijednim informacijama uz pomoć analize stanja sobe i detekcije objekata/prostora, što također može unaprijediti izvrsnost korisničkog iskustva.

Svake se godine sve više novca ulaže u nove pothvate. AngellList, američka platforma koja povezuje startupe i investitore, navodi 529 tvrtki pod oznakom tehnologije. Prosječna procjena tih tvrtki iznosi do 5,2 milijuna američkih dolara svaka. Mnogi od njih su u procesu prikupljanja između 5 i 10 milijuna američkih dolara u različitim fazama financiranja. Sigurno je reći da se puno novca ulaže u razvoj tehnologije.

Pa, zašto aplikacije računalnog vida stječu takvu popularnost? Zbog potencijalnih koristi koje može postići zamjena čovjeka računalom u određenim područjima našega života.

Kao ljudska bića koristimo oči i mozak kako bismo analizirali svoje vizualno okruženje. To nam se čini prirodnim i činimo to prilično dobro. S druge strane, računalo to ne može učiniti automatski. Potrebni su algoritmi i aplikacije računalnog vida kako bi naučio što "vidi". Potrebno je puno truda, ali kad računalo nauči to raditi, može to učiniti bolje od gotovo bilo kojeg čovjeka na zemlji.

To može učiniti procese bržim i jednostavnijim, zamjenom bilo koje vizualne aktivnosti. Za razliku od ljudi, koji mogu biti preopterećeni ili pristrani, računalo može vidjeti mnogo stvari odjednom, vrlo detaljno i analizirati bez da se "umori". Točnost računalne analize može donijeti ogromne uštede vremena i poboljšanja kvalitete, a time i osloboditi resurse koji zahtijevaju ljudsku interakciju. Do sada se to može primijeniti samo na jednostavne procese, ali mnoge industrije uspješno pomiču granice onoga što tehnologija može učiniti.

7. Istraživanje o prihvaćanju aplikacija računalne vizije

7.1 Prikaz metodologije istraživanja

U okviru izrade ovog diplomskog rada, provedeno je istraživanje obrazaca ponašanja prema prihvaćanju aplikacija računalne vizije.

7.1.1. Ciljevi istraživanja

Cilj istraživanja jest ustanoviti (metodom ankete/upitnika) prihvaćanje aplikacija računalne vizije, nadalje, saznati mišljenja potencijalnih korisnika tih aplikacija i smatraju li isti da bi korištenje aplikacija računalne vizije bilo korisno, lako ili vrlo zahtjevan pothvat. Te osim osobne upotrebe, cilj istraživanja je istražiti i proučiti stavove, opažanja i stupanj prihvaćanja i korištenja aplikacija računalne vizije u poslovanju.

Svrha istraživanja je, na temelju dobivenih rezultata – iskazanih mišljenja i stavova, procijeniti da li bi korištenje aplikacija računalne vizije u pojedinim sektorima, odnosno sustavima, olakšalo provedbu zadataka korisnicima tih aplikacija, te pozitivno utjecao na cjelokupni proces kupovine, nadzora, otkrivanja i drugih, ili bi bila upravo obrnuta reakcija korisnika na te aplikacije.

Specifični ciljevi istraživanja:

- Ispitati očekivanja korisnika i učestalost korištenja novih aplikacija
- Odrediti potencijalne probleme i strahove pri korištenju tih aplikacija
- Ispitati u kolikoj mjeri korisnici osobno koriste aplikacije računalne vizije
- Utvrditi razlike između navedenih podataka s obzirom na spol, dob i stupanj obrazovanja

7.1.2. Hipoteze

Za potrebe navedenog istraživanja postavljena je sljedeća osnovna hipoteza, kako bi računalna kompatibilnost, samoučinkovitost, percipirana kvaliteta informacija i sigurnost (povjerenje) mogli utjecati na prihvaćanje aplikacija računalne vizije.

7.1.3. Uzorak

Anketa je bila usmjerena na svu populaciju, te možemo zaključiti kako se radi o prigodnom uzorku. Sastojala se od 36 pitanja za čije je popunjavanje u prosjeku bilo potrebno 15-ak minuta. U uvodnoj uputi, koja se nalazi na početku same ankete, istaknuti su cilj i anonimnost ankete.

Anketu je ispunilo 100 ispitanika različitog spola, razine obrazovanja i starosti. Ispitanici su pretežito studenti, odnosno mlađe osobe iz Pule i okolice.

7.1.4. Instrument

Anketni upitnik se sastoji od tri dijela, u prvom se dijelu nalaze demografske karakteristike o ispitanicima, kao što su dob, spol i stupanj obrazovanja, te pitanja vezana za općenito znanje ispitanika o temi istraživanja. Drugi dio se sastojao od skala za samoprocjenu prema kojima se istražuje očekivanje performansi, očekivano nastojanje, sam stav prema korištenju tehnologije, društveni utjecaj, samoučinkovitost u korištenju tehnologije, sigurnost, odnosno zabrinutost u vezi korištenja tih tehnologija, te buduća namjera o korištenju tehnologija. Zatim je slijedio treći dio anketnog upitnika u kojemu su bila pitanja o osobnom korištenju aplikacija računalne vizije trenutno.

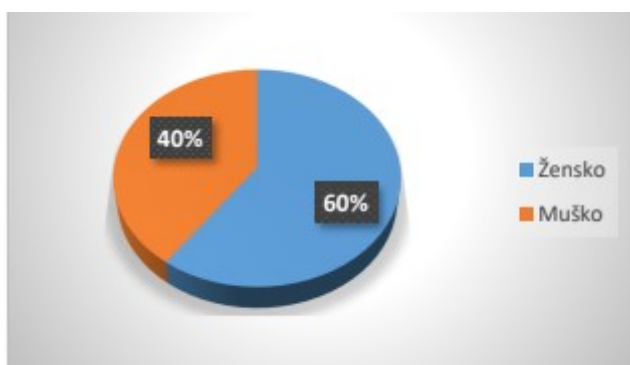
Za drugi dio ankete pitanja su postavljena prema UTAUT modelu temeljem članka „User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View“, Viswanath Venkatesh, Michael G. Morris, Gordon B. Davis, Fred D. Davis, 2003., preuzeto sa: <http://www.jstor.org/stable/30036540>. UTAUT model nam objašnjava namjere korisnika da koriste određenu tehnologiju, što su u ovome slučaju aplikacije računalne vizije, i njegovo naknadno ponašanje i percepcije o toj tehnologiji. Te, model objašnjava stupanj do kojeg osoba vjeruje da bi korištenje određenog sustava poboljšalo njegov ili njezin radni učinak.

7.1.5. Prikupljanje podataka

Istraživanje je provedeno putem online anketnog upitnika. Poveznica na upitnik s ciljem i svrhom istraživanja podijeljena je studentima putem profesorica, također, putem društvenih mreža i privatno kolegama. Prikupljanje podataka trajalo je oko dva mjeseca, a za to vrijeme anketi je pristupilo 100 ispitanika.

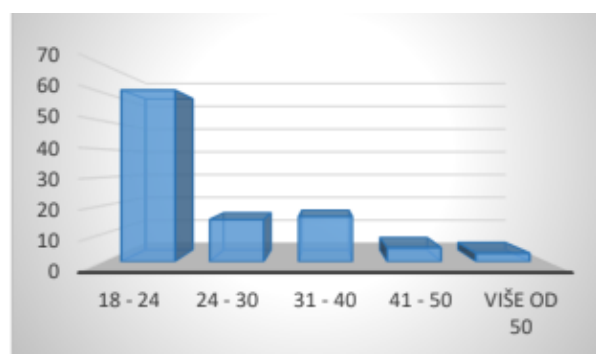
7.2 Analiza podataka i rezultati

Grafikon 3: Struktura anketiranih ispitanika prema spolu



Izvor: samostalna izrada autora

Grafikon 4: Struktura anketiranih ispitanika prema dobi



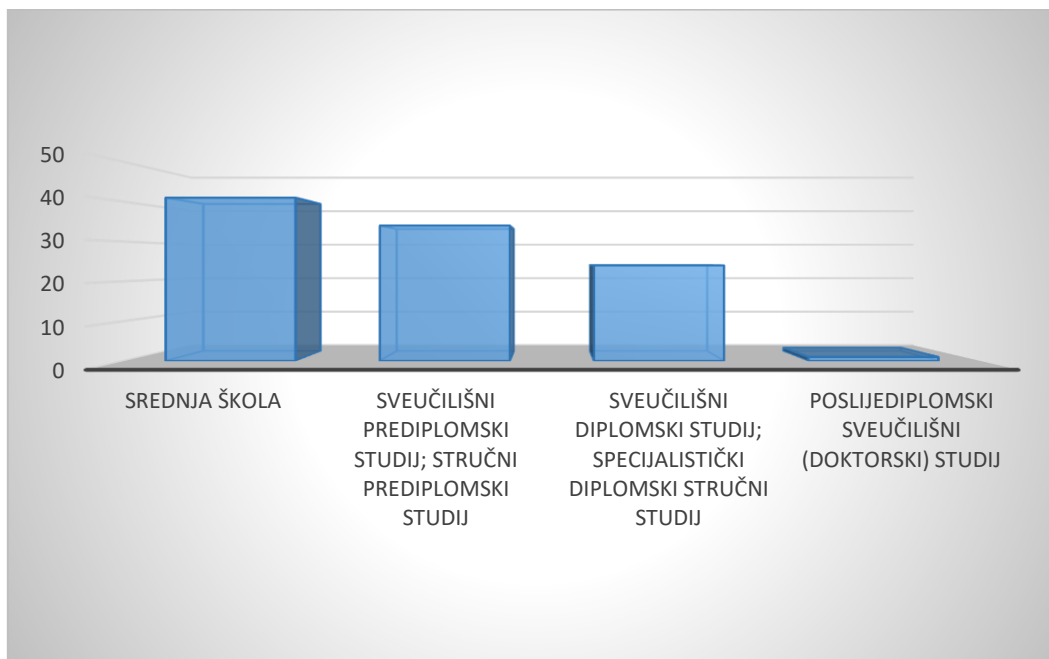
Izvor: samostalna izrada autora

Od 100 ispitanika, 60% je žena, a 40% je muškaraca. (Grafikon 3)

Najviše korisnika koji su ispunili anketu dobi su između 18-24 godina, njih 61%, zatim korisnici starosti od 31-40 godina, 16%, slijede ispitanici od 24-30 godina, 15%, ispitanika od 41 - 50 godina, 5% i najmanje je bilo ispitanika starijih od 50 godina svega 3%. (Grafikon 4)

Među ispitanicima najviše je onih koji imaju srednju stručnu spremu, 41%, slijede ispitanici koji su završili prediplomski studij, njih 34%, zatim 24% onih koji su završili diplomski studij, i 1% osoba koji su završili poslijediplomski, doktorski, studij. (Grafikon 5)

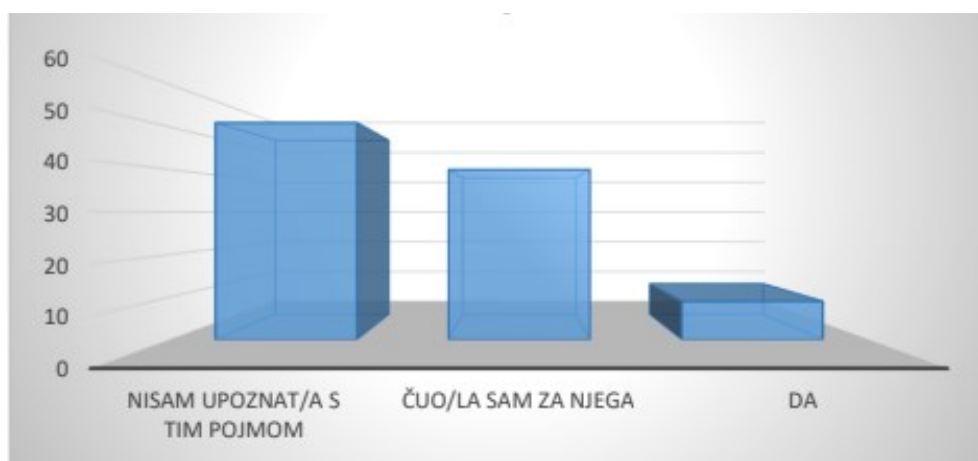
Grafikon 3: Struktura anketiranih ispitanika prema stupnju obrazovanja



Izvor: samostalna izrada autora

Putem pitanja o upoznatosti s pojmom računalna vizija došli smo do saznanja o informiranosti i edukaciji ispitanika o tom pojmu, odnosno jesu li se ikada susreli s njim. Odgovori su pokazali da čak 51% ispitanika nije upoznato s tim pojmom, zatim njih 40% je čulo za pojam računalna vizija, te samo 9% ispitanika je upoznato s pojmom računalne vizije i zna njegovo značenje. (Grafikon 6)

Grafikon 6: Struktura anketiranih ispitanika prema upoznatosti s pojmom računalna vizija



Izvor: samostalna izrada autora

Sljedećim pitanjem pokušalo se navesti ispitanike na razmišljanje, te uz mogućnost višestrukog odabira, označiti koja bi po njihovom mišljenju bila točna definicija pojma računalna vizija. Imajući na umu kako samo 9% ispitanika zna za pojam računalna

vizija, ostali ispitanici na navedeno su pitanje odgovorili prema osobnom logičkom razmišljanju. Točnih je odgovora bilo više, a rezultati pokazuju sljedeću statistiku.

Grafikon 7: Struktura anketiranih ispitanika prema značenju pojma računalne vizije

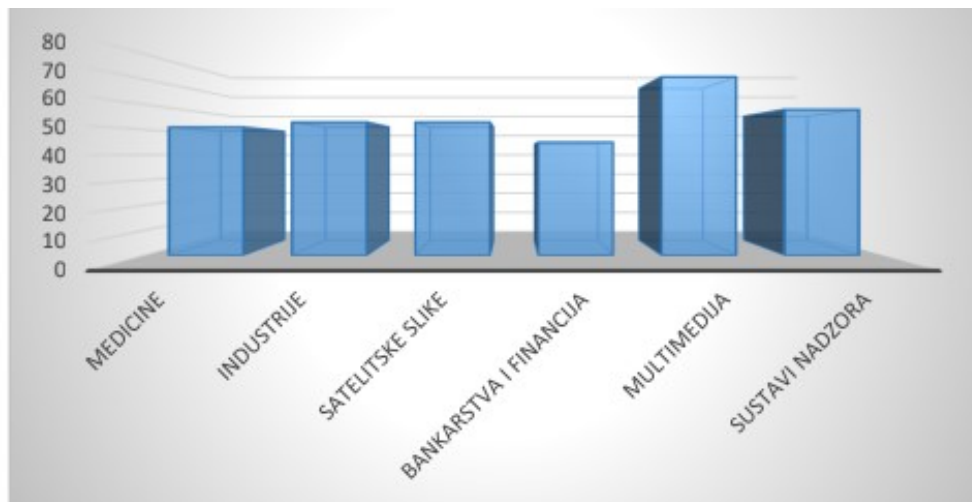


Izvor: samostalna izrada autora

Odgovori su pokazali kako 47 ispitanika smatra kako je točna definicija računalne vizije da je to područje umjetne inteligencije koje osposobljava računala za tumačenje i razumijevanje vizualnog svijeta. Zatim 41 ispitanik označio je i odgovor da je računalna vizija znanstveno područje koje se bavi načinom na koji računala mogu steći znanje na visokoj razini pomoću digitalnih slika ili videozapisa. 24 ispitanika smatra kako je definicija računalne vizije, razumijevanje i automatiziranje zadataka koje ljudski vizualni sustav može raditi. Te za posljednju definiciju, neka vizija, odnosno ideja o budućnosti poslovanja putem računala, također 24 ispitanika smatra kako je i to jedna od definicija pojma računalne vizije. (Grafikon 7)

Glede područja korištenja računalne vizije putem aplikacija ili drugih tehnologija, ispitanici smatraju kako se gotovo podjednako koristi u svim područjima, ali prema odgovorima možemo vidjeti kako se najviše ističe područje multimedija, zatim slijedi područje sustava nadzora, te sva ostala područja. (Grafikon 8)

Grafikon 8: Struktura odgovora prema područjima korištenja računalne vizije



Izvor: samostalna izrada autora

Iz prethodnog grafikona možemo zaključiti kako su mišljenja ispitanika da bi se računalna vizija, u bilo kakvom obliku, mogla koristiti, ili se već koristi, u svim navedenim područjima.

U sljedećim pitanjima ispitanici imaju skalu od 1 do 5 prema kojoj ocjenjuju stupanj slaganja s tvrdnjama, pri čemu ocjene imaju sljedeće značenje: 1 - uopće se ne slažem, 2 - ne slažem se, 3 - niti se slažem niti se ne slažem, 4 - slažem se, 5 - u potpunosti se slažem.

Kako bi ispitanici mogli bolje razumjeti pitanja koja slijede, navedena su dva primjera korištenja aplikacija računalne vizije. Prvi primjer je slučaj trgovine Amazon Go, u kojoj nema čekanja reda na blagajni već kupci prije ulaska u trgovinu aktiviraju aplikaciju za mobitel i uz pomoć računalne vizije puni se (ili prazni ukoliko vrate proizvod na policu) virtualna košarica. A drugi primjer je bankarska aplikacija, u kojoj korisnici fotografiraju osobni dokument ili uplatnicu pomoću svog mobilnog uređaja i pošalju u banku, preko koje će softver za računalni vid, na strani banke, provjeriti autentičnost. Kao potencijalni korisnici tih aplikacija ispitanici su dali sljedeće odgovore.

Grafikon 9: Struktura odgovora o korištenju aplikacija računalne vizije



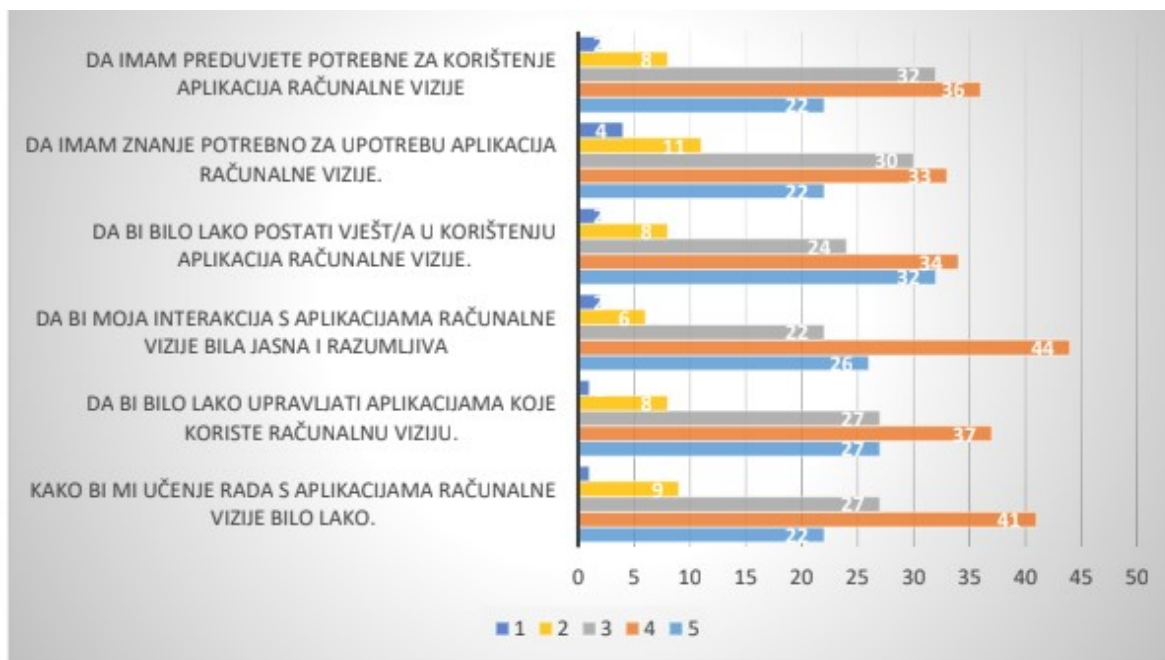
Izvor: samostalna izrada autora

Iz Grafikona 9 možemo vidjeti kako ispitanici smatraju da je efektivnost aplikacije Amazon Go, pri izvršavanju zadataka, bolja od bankarske aplikacije, čak njih 54% se u potpunosti slaže s tvrdnjom kako bi korištenje aplikacije Amazon Go omogućilo brže izvršavanje zadataka, te samo 1% se uopće ne slaže s tom tvrdnjom. Dok se za bankarsku aplikaciju 43% ispitanika u potpunosti slažu s tvrdnjom, te njih 2% se uopće ne slažu.

Nakon što je ispitanicima približno objašnjeno o kakvim se aplikacijama računalne vizije radi i o kakvoj je tehnologiji riječ kada kažemo računalna vizija, postavljena im je grupa pitanja, na koja se također odgovara prema prije navedenoj skali od 1 do 5, te ispitanici su trebali iz osobne (korisničke) perspektive procijeniti slažu li se s izjavama.

Iz rezultata prikazanih na Grafikonu 10 možemo zaključiti kako kod svih izjava prevladava ocjena 4, što znači kako se većina ispitanika slaže s navedenim tvrdnjama. Izjava kod koje je taj postotak najveći jest da bi interakcija s aplikacijama računalne vizije bila jasna i razumljiva. Slijedi detaljnija analiza rezultata.

Grafikon 10: Struktura slaganja s izjavama iz osobne (korisničke) perspektive



Izvor: samostalna izrada autora

Iz grafikona 10 možemo analizirati stav ispitanika prema određenim izjavama koje se odnose na primjenu aplikacija računalne vizije. Prvu izjavu koju imamo je: „Smatram da imam preduvjete potrebne za korištenje aplikacija računalne vizije“ na koju se najviše ispitanika izjasnilo sa slažem se njih 36, dok se u potpunosti s izjavom slaže njih 22. Onih koji se niti slažu niti se ne slažu je 32, što znači da je jedna polovica ispitanika na strani kako za navedene aplikacije nije potrebna neka najnaprednija tehnologija, dok ostatak ispitanika ne zna i nije sigurna što im je sve potrebno za korištenje istih. Artimetrička sredina navedene izjave iznosi 3,7, a medijan iznosi 4, što nam ukazuje kako je srednja vrijednost podataka 4, te potvrđuje navedeno.

Sljedeća izjava glasi: „Smatram da imam znanje potrebno za upotrebu aplikacija računalne vizije“ pri kojoj su rezultati vrlo slični situaciji kao i s prethodnom izjavom. Možemo zaključiti kako za navedenu izjavu 30% ispitanika ne zna koliko je znanja potrebno za korištenje aplikacija računalne vizije, dok većina smatra da ima dovoljno znanja za upotrebu tih aplikacija, što nam i potvrđuje prosječna vrijednost odgovora ispitanika, koja iznosi 3,6, a medijan 4.

Kod izjave: „Smatram da bi bilo lako postati vješt/a u korištenju aplikacija računalne vizije“ na koju se 34 ispitanika izjasnilo sa slažem se, dok se u potpunosti slažu s

izjavom njih 32. U ovoj su situaciji ispitanici sigurniji u osobne sposobnosti, te upravo radi toga imamo veći postotak slaganja s izjavom, što znači da smatraju da je savladavanje aplikacija računalne vizije moguće i lako. Artimetrička sredina za navedenu izjavu iznosi 3,87, dok je medijan 4.

Za izjavu: „Smatram da bi moja interakcija s aplikacijama računalne vizije bila jasna i razumljiva.“ Dobiveni su sljedeći rezultati. Artimetrička sredina iznosi 3,87, a medijan za navedenu izjavu iznosi 4. U ovoj izjavi imamo najmanji postotak ispitanika koji se ne slažu, te time možemo zaključiti da ispitanici ukoliko postanu vješti u korištenju aplikacija računalne vizije, ta bi interakcija bila zasigurno jasna i razumljiva.

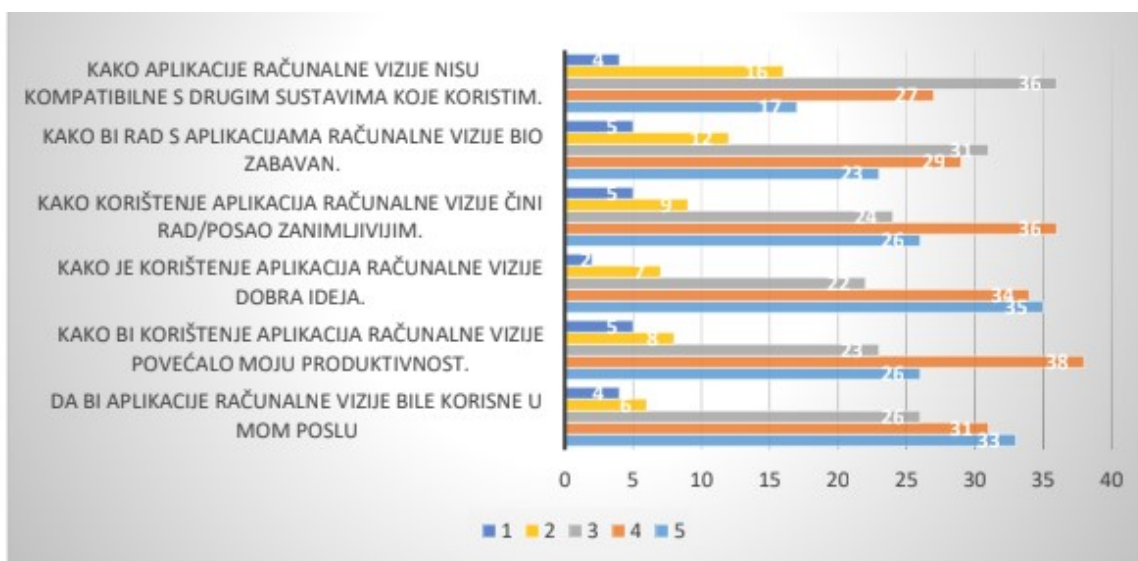
Zatim slijedi izjava: „Smatram da bi bilo lako upravljati aplikacijama koje koriste računalnu viziju“ na koju se najviše ispitanika izjasnilo sa slažem se, 37, dok se u potpunosti slažu s izjavom njih 37. U ovoj se izjavi također možemo nadovezati na prethodne, što pretpostavljamo da su i ispitanici to činili. Pogledamo li prethodne izjave i rezultate, osobe koje smatraju da imaju znanje i vještinu za savladavanje aplikacija računalne vizije, ti ispitanici smatraju i kako bi bilo lako upravljati tim aplikacijama. A to možemo prikazati i prosjekom, koji iznosi 3,82, i medijanom, 4, budući da su vrijednosti vrlo slične.

Te kod posljednje izjave: „Smatram kako bi mi učenje rada s aplikacijama računalne vizije bilo lako.“ Imamo slične rezultate kao i u ostalim izjavama, naime izjave slijede jedna drugu, te sukladno tome i vrijednosti prosječne vrijednosti, 3,75, i medijana, 4.

Grupa pitanja koja slijedi odnosi se na perspektivu radnika/ce čije poduzeće, tvrtka koristi aplikacije računalne vizije. U navedenoj grupi pitanja također su postavljene izjave na koje ispitanici odgovaraju prema prije navedenoj skali od 1 do 5, te ispitanici su trebali iz perspektive radnika/ce procijeniti slažu li se s izjavama. (Grafikon 11)

Analizom grafikona 11 možemo vidjeti koji je stav ispitanika prema određenim izjavama koje se odnose na primjenu aplikacija računalne vizije u poslovnom okruženju. Prvu izjavu koju imamo je: „Smatram kako aplikacije računalne vizije nisu kompatibilne s drugim sustavima koje koristim“ na koju se najviše ispitanika izjasnilo sa niti se slažem niti se ne slažem, njih 36, dok se u potpunosti s izjavom slaže njih 17. Kada bi gledali artimetričku sredinu ona iznosi 3,386, a medijan je 3.

Grafikon 11: Struktura slaganja s izjavama iz perspektive radnika



Izvor: samostalna izrada autora

Iz rezultata navedene izjave, možemo zaključiti kako se ispitanici ne koriste aplikacijama računalne vizije, te radi toga ne mogu imati jasan stav o kompatibilnosti tih tehnologija s drugim sustavima kojima se služe na poslu.

Sljedeća izjava glasi: „Smatram kako bi rad s aplikacijama računalne vizije bio zabavan.“ Za koju se u prosjeku najviše ispitanika izjasnilo s niti se slažem, niti se ne slažem (aritmetička sredina iznosi 3,54), ali medijan, koji iznosi 4, nam ukazuje kako ipak većina ispitanika smatra da bi korištenje aplikacija bilo zabavno. U ovoj se izjavi također može zaključiti kako se ljudi ne služe tim aplikacijama, te sukladno tome nemaju percepciju je li korištenje istih zabavno.

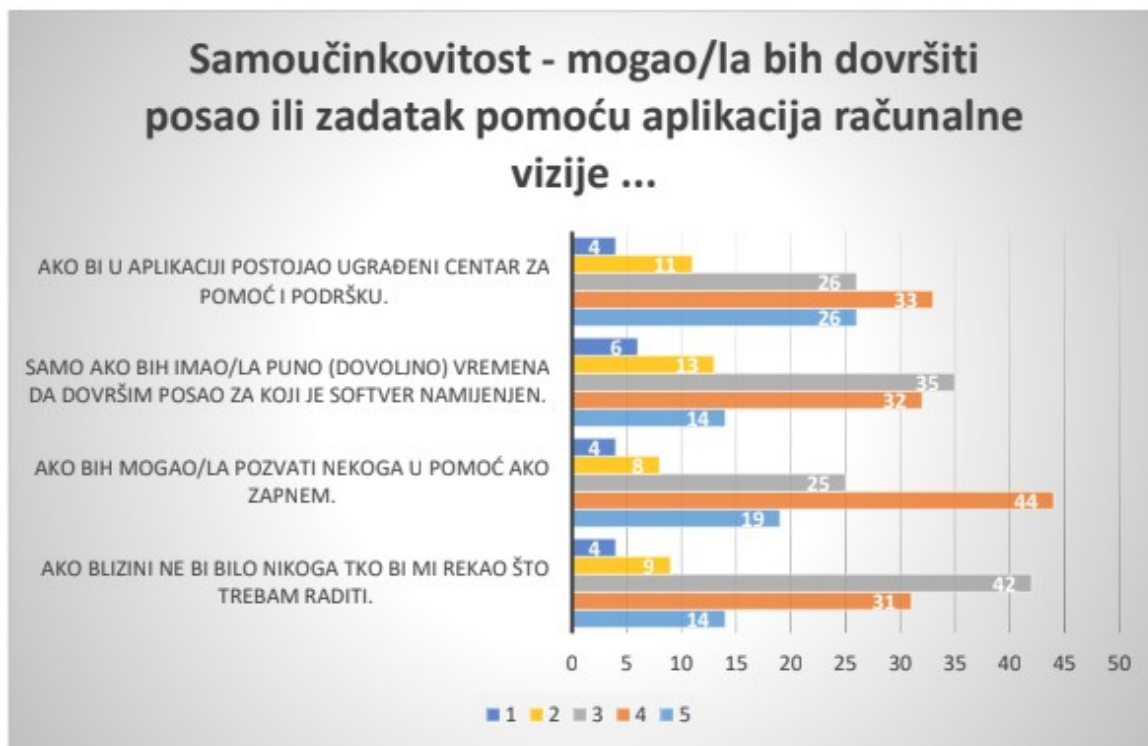
Kod izjave: „Smatram kako korištenje aplikacija računalne vizije čini rad/posao zanimljivijim“ najviše se ispitanika izjasnilo s 4, što znači da se slažu s izjavom. Prosječna vrijednost odgovora za navedenu izjavu iznosi 3,7, što ne odstupa mnogo od prijašnjih izjava.

Za izjavu: „Smatram kako je korištenje aplikacija računalne vizije dobra ideja,“ dobiveni su sljedeći rezultati. Najviše se ispitanika izjasnilo sa slažem se u potpunosti, njih 35, dok se s izjavom slaže njih 34. Ispitanici koji se niti slažu niti se ne slažu je 22, dok se 7 ispitanika ne slaže s izjavom, a dvoje se uopće ne slažu s izjavom. Gledajući aritmetičku sredinu, koja iznosi 3,94, i medijan, koji iznosi 4, možemo potvrditi navedeno.

Zatim slijedi izjava: „Smatram kako bi korištenje aplikacija računalne vizije povećalo moju produktivnost“ na koju se najviše ispitanika izjasnilo sa slažem se. Prosječna vrijednost odgovora ispitanika iznosi 3,73, a medijan 4. Što znači da se većina ispitanika opredijelila za odgovor slažem se, ali imamo i određeni postotak koji se s tom izjavom niti slaže, niti ne slaže.

Te kod posljednje izjave: „Smatram da bi aplikacije računalne vizije bile korisne u mom poslu.“ Središnja vrijednost za ovu izjavu je 3,84, dok je vrijednost središnjeg podatka 4, što znači da je 50% podataka manja od 4, a 50% veća, te zaključujemo kako se većina ispitanika slažu s izjavom.

Grafikon 12: Struktura slaganja s izjavama o samoučinkovitosti



Izvor: samostalna izrada autora

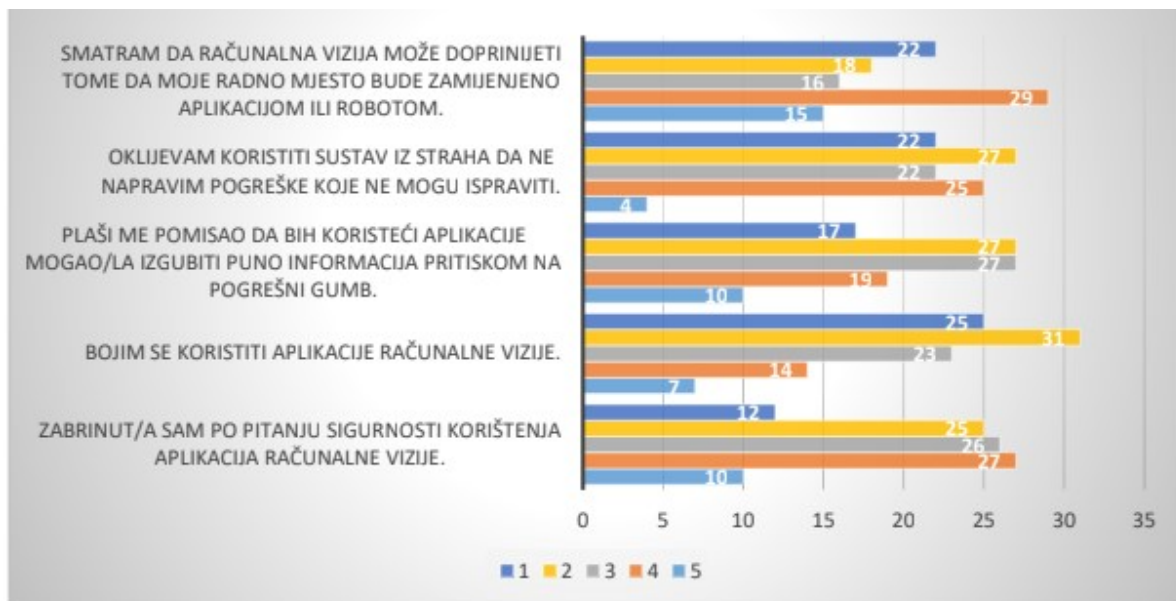
U grafikonu 12 prikazane su izjave u kojima su ispitanici trebali procijeniti samoučinkovitost pri korištenju aplikacija računalne vizije, da li bi mogli dovršiti pojedini zadatak pomoću aplikacija ukoliko bi kraj sebe imali nekoga koga bi mogli pozvati u pomoć, ili bi im bio dovoljan centar za pomoć i podršku ugrađen u aplikaciji ili bi mogli sami dovršiti posao bez pomoći.

Rezultati su prikazali sljedeće, kada bi u aplikaciji postojao ugrađeni centar za pomoć i podršku, 33 ispitanika složilo se s izjavom kako bi uspjeli odraditi zadatak, dok se samo 4 uopće ne slaže, a 26 ispitanika se u potpunosti slaže s izjavom.

Kod izjave: „samo ako bih imao/la puno (dovoljno) vremena da dovršim posao“ najviše je ispitanika odgovorilo niti se slažem niti se ne slažem. Prosječna središnja vrijednost kod navedene izjave iznosi 3,356, a središnja vrijednost, medijan, je 3.

Zatim slijedi izjava: „ako bih mogao/la pozvati nekoga u pomoć ako zapnem.“ Kod te izjave imamo 44 odgovora slažem se, čiji je broj znatno veći od drugih odgovora, s aritmetičkom sredinom 3,66 i medijanom od 4. Te kod posljednje izjave: „ako u blizini ne bi bilo nikog tko bi mi rekao što trebam raditi,“ imamo najviše odgovora niti se slažem niti se ne slažem, njih 42, dok se 31 ispitanik slaže s tom izjavom, a njih 14 se u potpunosti slažu.

Grafikon 13: Struktura slaganja s izjavama o sigurnošću korištenja aplikacija računalne

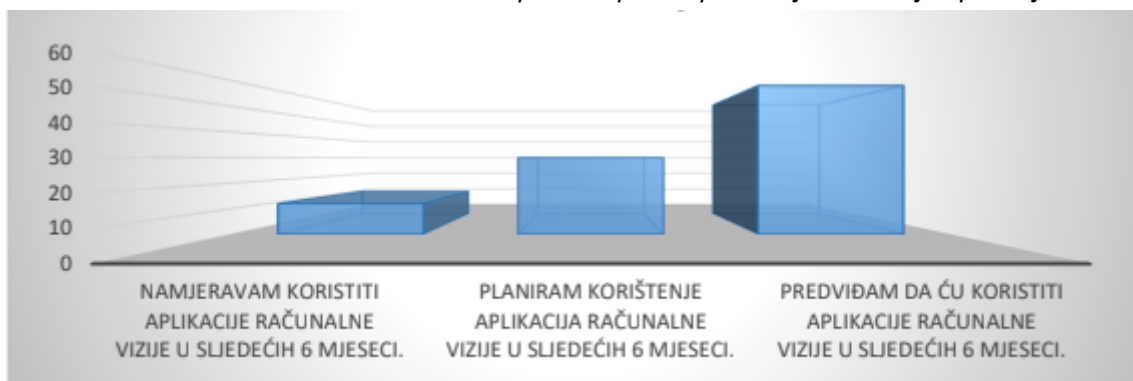


Izvor: samostalna izrada autora

U grafikonu 13 prikazane su izjave o sigurnosti korištenja aplikacija računalne vizije pomoću kojih se ispituje zabrinutost i strah ispitanika kod primjene aplikacija računalne vizije. Možemo vidjeti kako postoji nesigurnost među ispitanicima, ta se nesigurnost može interpretirati kao neinformiranost u temu, odnosno budući da je većini ispitanika pojam računalne vizije nepoznat, razumljivo je da postoje poneke sumnje prema aplikacijama računalne vizije.

Možemo vidjeti kod izjave: „Smatram da računalna vizija može doprinijeti tome da moje radno mjesto bude zamijenjeno aplikacijom ili robotom“ da je najviše ispitanika odgovorilo slažem se, čak njih 29, ali i imamo 22 ispitanika koji se uopće ne slažu s izjavom. Prosječna vrijednost kod navedene izjave iznosi 2,99, što je potvrđeno i medijanom od 3. Kod izjave: „Plaši me pomisao da bih koristeći aplikacije mogao/la izgubiti puno informacija pritiskom na pogrešni gumb.“ Isti je broj ispitanika, njih 27, odgovorilo s niti se slažem niti se ne slažem i s ne slažem se, što nam na kraju ukazuje i aritmetička sredina koja iznosi 2,76, ali središnja vrijednost je 3.

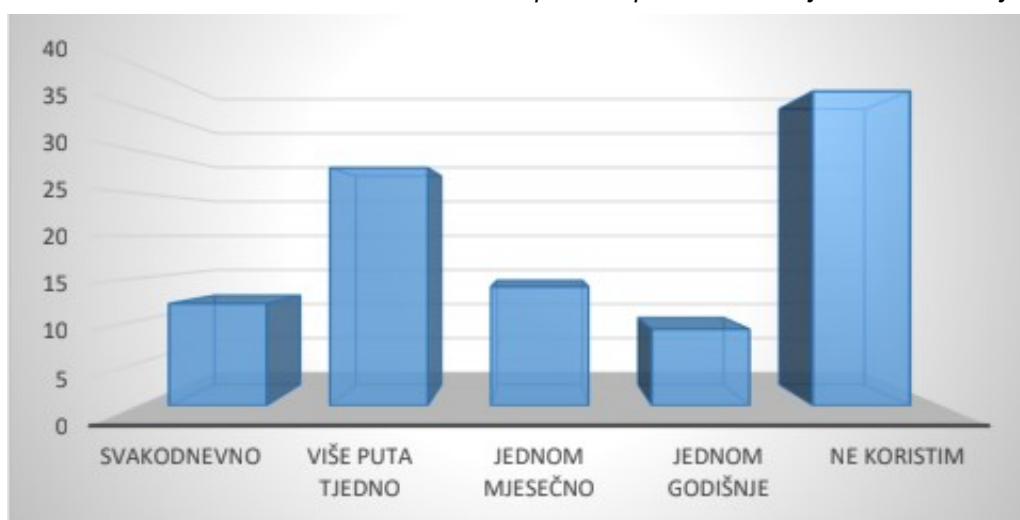
Grafikon 14: Struktura anketiranih ispitanika prema planiranju korištenja aplikacija



Izvor: samostalna izrada autora

Na pitanje kada ispitanici misle započeti s korištenjem aplikacija računalne vizije, 58% ispitanika predviđa kako će koristiti aplikacije u sljedećih 6 mjeseci, 30% planira korištenje aplikacija u sljedećih 6 mjeseci, a 12% namjerava koristiti aplikacije računalne vizije u sljedećih 6 mjeseci. Pretpostavlja se kako ispitanici predviđaju taj tijek događaja radi ubrzanog rasta i razvoja tehnologije u svim tvrtkama. (Grafikon 14)

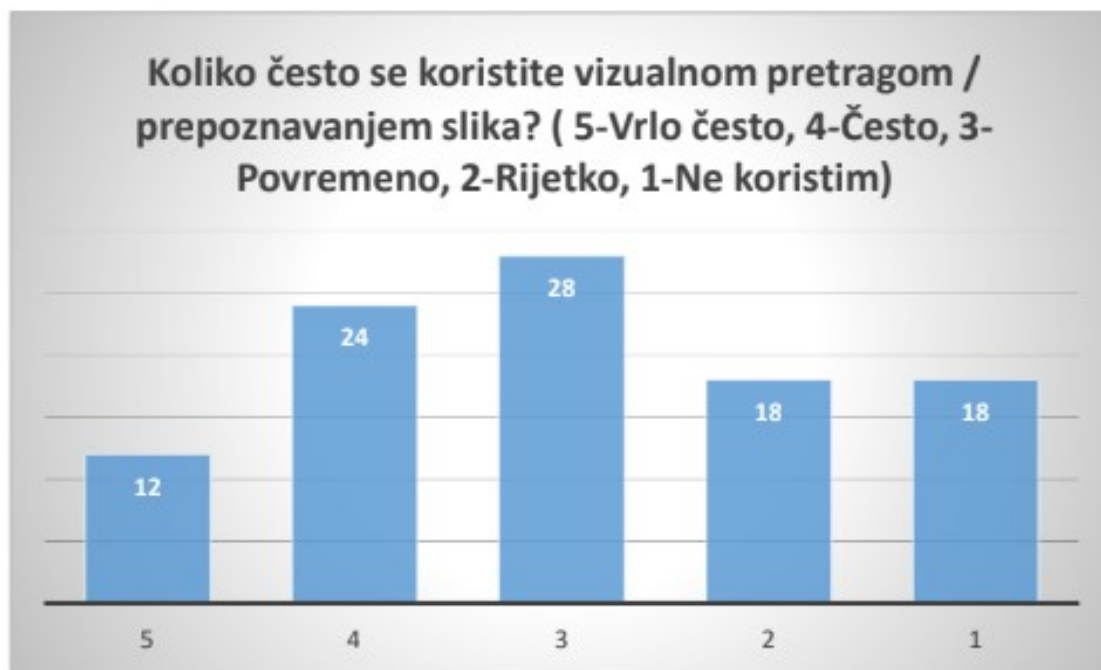
Grafikon 15: Struktura anketiranih ispitanika prema korištenju računalne vizije



Izvor: samostalna izrada autora

Na grafikonu 15 prikazana je struktura anketiranih ispitanika prema učestalosti korištenja računalne vizije. Većina ispitanika odgovorila je da ne koristi računalnu viziju, njih 37%, 12% ispitanika se svakodnevno koriste računalnom vizijom, te se 28% ispitanika koristi više puta tjedno računalnom vizijom.

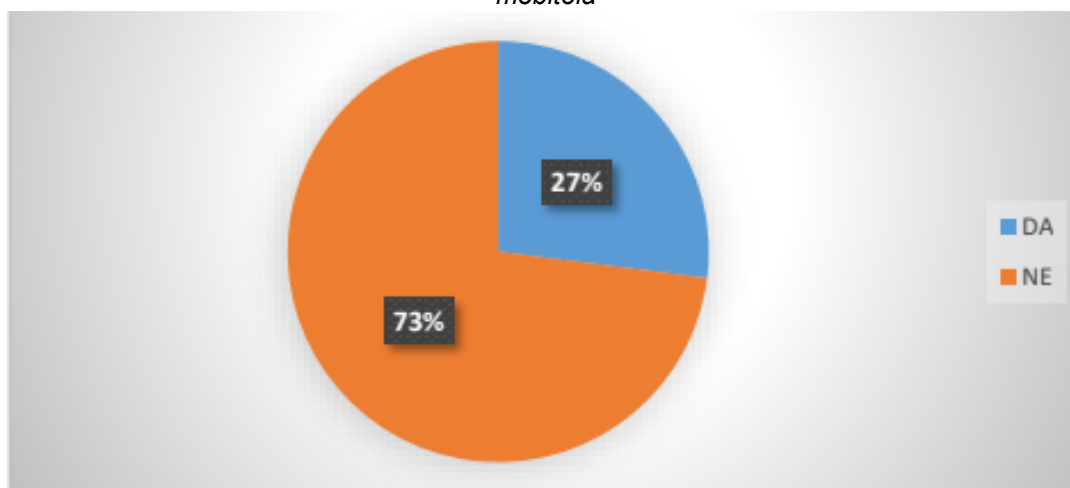
Grafikon 16: Struktura anketiranih ispitanika prema učestalosti korištenja vizualne



Izvor: samostalna izrada autora

Na grafikonu 16 prikazana je struktura anketiranih ispitanika prema učestalosti korištenja vizualne pretrage. Većina ispitanika odgovorila je da se povremeno koriste vizualnom pretragom, njih 28%, 24% ispitanika se često koriste vizualnom pretragom, te 18% ispitanika se rijetko ili ne koristi vizualnom pretragom.

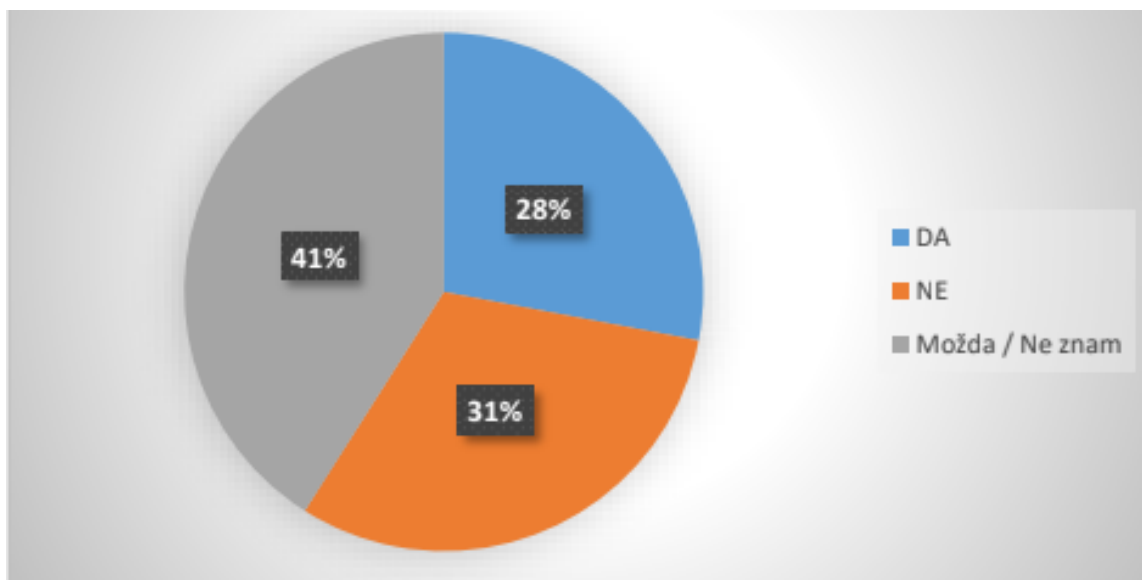
Grafikon 17: Struktura anketiranih ispitanika prema korištenju prepoznavanja lica pri otključavanju mobitela



Izvor: samostalna izrada autora

Na grafikonu 17 prikazana je struktura anketiranih ispitanika prema korištenju prepoznavanja lica pri otključavanju mobitela. U rezultatima prevladava odgovor ne s čak 73%, dok se samo 27% ispitanika koristi prepoznavanjem lica pri otključavanju mobitela.

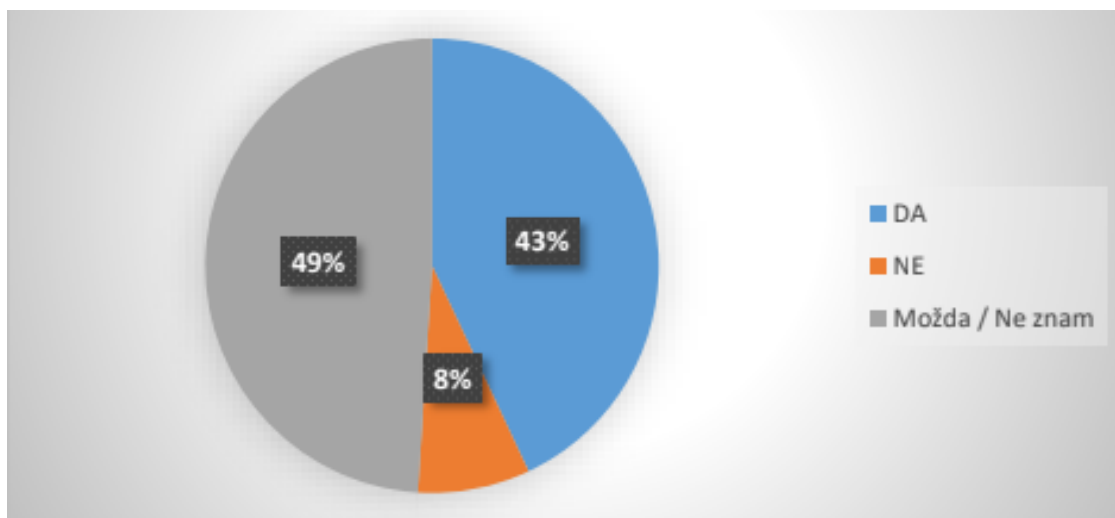
Grafikon 18: Struktura anketiranih ispitanika prema mišljenju o ulasku u autonomni automobil



Izvor: samostalna izrada autora

Na prikazanom grafikonu prikazana je struktura anketiranih ispitanika prema mišljenju o autonomnim automobilima. Pitanje je glasilo: „Biste li ušli u autonomni automobil (automobil bez vozača)?“ Većina ispitanika odgovorila je možda/ne znam njih 41%, što iz perspektive prihvaćanja računalne vizije znači da će imati nisku razinu prihvaćanja, a jedan od razloga za to je nepovjerenje.

Grafikon 19: Struktura anketiranih ispitanika prema mišljenju o utjecaju računalne vizije na kvalitetu života i društvo



Izvor: samostalna izrada autora

Na grafikonu 19 prikazana je struktura anketiranih ispitanika prema mišljenju o pozitivnom utjecaju računalne vizije na kvalitetu života i društvo. Većina ispitanika odgovorila je možda/ne znam njih 49%, 43% ispitanika smatra kako će računalna vizija pozitivno utjecati na kvalitetu života i društvo, te samo 8% ispitanika kako računalna vizija neće pozitivno utjecati na kvalitetu života i društvo.

Nakon detaljne analize podataka prikupljenih putem online upitnika, izrađena je tablica putem koje su prikazane aritmetičke sredine i medijani izjava prema strukturama slaganja.

Tablica 1: Aritmetičke sredine i medijani prema strukturama slaganja

	ARITMETIČKA SREDINA	MEDIJAN
Struktura slaganja s izjavama iz osobne (korisničke) perspektive	3,767326733	4
Struktura slaganja s izjavama iz perspektive radnika	3,691419142	4
Struktura slaganja s izjavama o samoučinkovitosti	3,339462518	3,5
Struktura slaganja s izjavama o sigurnošću korištenja aplikacija računalne vizije	2,754455446	3

Izvor: samostalna izrada autora

Kao što možemo vidjeti iz tablice 1, ispitanici su se u prosjeku najviše slagali s izjavama iz osobne (korisničke) perspektive i s izjavama iz perspektive radnika, s prosjekom od 3,7. Također, ispitanici su se najmanje složili s izjavama o sigurnošću korištenja aplikacija računalne vizije, s prosjekom od 2,7.

Zaključujemo kako su ispitanici složni s izjavama da će uvođenje aplikacija računalne vizije poboljšati, unaprijediti i olakšati poslovanje, i tvrtkama i samim radnicima. Ujedno, većina ispitanika se još nije susrela s radom pomoću tih aplikacija, te sukladno tome, teško im je procijeniti samoučinkovitost. Sigurnost je uvijek bila najveća zabrinutost u korištenju svih tehnologija, pa tako i za tehnologije računalne vizije. Upravo radi toga, postoji mogućnost da će pojedini ispitanici odbiti korištenje tih aplikacija radi anksioznosti.

8. Prednosti i nedostaci korištenja računalne vizije u poslovnim aplikacijama

8.1 Prednosti primjene računalne vizije

- Brži i jednostavniji proces - Računalni sustavi vida mogu brže obavljati ponavljajuće i monotone zadatke, što ljudima pojednostavljuje rad.
- Bolji proizvodi i usluge - Računalni sustavi vida koji su vrlo dobro obučeni neće počinuti mnogo pogrešaka, što će rezultirati bržom isporukom visokokvalitetnih proizvoda i usluga.
- Smanjenje troškova – Tvrtke ne moraju trošiti novac na popravljavanje svojih proizvoda s greškama jer računalni vid neće ostaviti mjesta za pogrešne proizvode i usluge.
- Poboljšana online trgovina - Online trgovina tradicionalno se oslanja na označavanje kako bi se pronašlo ono što kupac traži. Uz proizvod, kao što je ruksak, mogu biti priložene različite ključne riječi, primjerice torba, plava, poliester ili pamuk, kako bi suzili pretragu za korisnika na traženi proizvod. To nije najučinkovitiji sustav, ali s njime se radi godinama. Međutim, računalni vid pomaže korisnicima kako bi se olakšao, učinio pristupačnijim i pojednostavio proces pronalaženja upravo onog proizvoda koji traže. Umjesto da se oslanjaju na oznake za rotiranje između različitih stilova proizvoda, računalni vid umjesto toga uspoređuje stvarne fizičke karakteristike na svakoj slici.
- Jedinstveno korisničko iskustvo - Usluge poput Snapchata i Animoji-ja imaju za cilj pružiti iskustvo koje se može smatrati samo "jedinstvenim". Cilj je pružiti privlačan, zabavan, intuitivan proizvod kojem će se potrošači vratiti. Računalni vid, osobito u mapiranju lica i manipulaciji, donedavno je bio nepoznat na mainstream tržištu.
- Otkrivanje proizvoda i sadržaja u stvarnom svijetu - Kao što Pinterest Lens pokazuje, koncepti na cijelom internetu, pa čak i u stvarnom svijetu, mogu se povezati pomoću računalnog vida. Jedna fotografija otvara pretragu korisnikovih interesa, te ih dovodi izravno do korisnikovog kućnog praga. Bilo da korisnik želi kupiti sličan proizvod ili otkriti nove ideje slične onome što traži, usluge poput Pinterest Lensa i Facebooka mogu korisniku donijeti to iskustvo.

- **Bespriječna iskustva trgovine** - Amazon je već pokazao ovaj koncept do punog učinka. Nema više čekanja u dugim redovima, posla s blagajnicima ili brige oko rukovanja novčanikom kada dođe vrijeme za plaćanje. Iskustvo trgovine, pojačano računalnim vidom, stvara neprimjetno, učinkovito okruženje u kojem se može kupovati. Ključna riječ ovdje je praktičnost, kako za kupca tako i za tvrtku.
- **Proširena stvarnost** - Kada je Google Glass izašao, bio je označen kao sljedeća velika inovacija u tome kako tehnologija utječe na naš svakodnevni život. Proširena stvarnost koncept je preklapanja svakodnevnog života s informacijama koje pružaju internet i telefoni. Na primjer, ukoliko korisnik želi kupiti novi bicikl. Umjesto da prolazi kroz dugotrajan zadatak traženja informacija o tom biciklu, računalni vid može koristiti proširenu stvarnost da odmah pruži recenzije, činjenice i statistike o proizvodu. Usluge poput Google Translate već koriste ovu funkciju, pružajući sredstvo za prevođenje jezika u stvarnom vremenu na korisnikovom telefonu.

8.2 Nedostaci primijenjene računalne vizije

Kao što je gore navedeno, tehnologija je daleko napredovala u smislu onoga što može učiniti za različite industrije. Međutim, ovo je područje još uvijek relativno mlado i sklono izazovima. Neki od nedostataka računalne vizije su:

- **Nedovoljna preciznost**

Jedan od glavnih aspekata koji se čini pozadinom većine izazova jest činjenica da tehnologija još uvijek nije usporediva s ljudskim vizualnim sustavom, što je ono što zapravo nastoji oponašati. Algoritmi računalnog vida mogu biti prilično lomljivi. Računalo može izvršavati samo zadatke za koje je osposobljeno za izvršavanje, a nedostaje kad se uvede u nove zadatke koji zahtijevaju drugačiji skup podataka.

Dobar primjer je koncept knjige. Kao djeca znamo što je knjiga i nakon nekog vremena možemo razlikovati knjigu, časopis ili strip, razumijevajući da pripadaju istoj kategoriji predmeta. Za računalo je to učenje puno teže. Problem se dalje eskalira kada u jednadžbu dodamo e-knjige i audioknjige. Kao ljudi, razumijemo da svi ti predmeti

potpadaju pod isti koncept knjige, dok su za računalo parametri knjige i audioknjige previše različiti da bi se mogli svrstati u iste skupine predmeta.

Da bi se prevladale takve prepreke i optimalno funkcioniralo, algoritmi računalnog vida danas zahtijevaju ljudsko sudjelovanje. Znanstvenici podataka trebaju odabrati pravu arhitekturu za ulazni tip podataka kako bi mreža mogla automatski naučiti značajke. Arhitektura koja nije optimalna može dati rezultate koji za projekt nemaju nikakvu vrijednost. U nekim se slučajevima izlaz algoritma može poboljšati drugim vrstama podataka, poput zvuka i teksta, kako bi se dobili vrlo precizni rezultati.

Drugim riječima, tehnologiji još uvijek nedostaje visoka razina točnosti koja je potrebna za učinkovito funkcioniranje u stvarnom, raznolikom svijetu.

➤ Nedostatak visokokvalitetnih podataka

Neuronske mreže koje se koriste za programe računalnog vida lakše je trenirati nego ikad prije, ali za to je potrebno mnogo visokokvalitetnih podataka. To znači da algoritmi trebaju puno podataka koji su posebno povezani s projektom kako bi postigli dobre rezultate. Unatoč činjenici da su slike dostupne na mreži u većim količinama nego prije, rješenje mnogih stvarnih problema zahtijeva visokokvalitetne označene podatke u treningu. To može postati prilično skupo jer označavanje mora obaviti čovjek.

Uzmimo za primjer Microsoftov projekt InnerEye. Alat koristi računalni vid za analizu radioloških slika. Algoritam koji stoji iza ovog najvjerojatnije zahtijeva dobro komentirane slike gdje su različite fizičke anomalije ljudskog tijela jasno označene. Takav posao mora obaviti radiolog s iskustvom i istreniranim okom.

Prema Glassdooru, prosječna osnovna plaća radiologa iznosi 290.000 američkih dolara godišnje ili 200 američkih dolara na sat. S obzirom da se na sat može analizirati oko 4-5 slika, a adekvatan skup podataka mogao bi ih sadržavati na tisuće, pravilno označavanje slika može postati vrlo skupo.

Kako bi se borili protiv ovog problema, znanstvenici podataka ponekad koriste unaprijed obučene neuronske mreže koje su prvobitno bile obučene na milijunima slika kao osnovni model. U nedostatku dobrih podataka, to je adekvatan način za postizanje boljih rezultata. Međutim, algoritmi mogu učiti o novim objektima samo "gledajući" podatke iz stvarnog svijeta.

9. ZAKLJUČAK

Računalna vizija polje je proučavanja koje pokušava razviti tehnike i modele za računala kojima pomažu računalima da "vide" i razumiju sadržaj digitalnih slika poput fotografija i videozapisa. Računalni sustavi vida, ljudima pojednostavljaju rad, obavljajući ponavljajuće i monotone zadatke brže uz minimiziranje pogrešaka. Sve će to rezultirati bržom isporukom visokokvalitetnih proizvoda i usluga.

Mnoge su prednosti koje tvrtke mogu ostvariti korištenjem računalnog vida, primjerice prije pandemije, video komunikacija nije bila uobičajena stvar u pojedinim tvrtkama, ali sada je gotovo nemoguće zamisliti poslovanje bez iste. Može se vidjeti povećanje implementacije tehnologija računalnog vida u mnogim različitim industrijama za rješavanje jedinstvenih problema. I velike tvrtke i manji startupi u različitim industrijama pronalaze nove načine za korištenje platformi računalnog vida s krajnjim ciljem poboljšanja operativne učinkovitosti i povećanja prihoda i dobiti. Glavna prednost ove tehnologije je njena visoka stopa točnosti, s kojom može selektivno zamijeniti ljudski vid ako je pravilno uvježbana.

Pri izradi ovog diplomskog rada, provedeno je istraživanje o stavovima i razmišljanjima ljudi prema prihvaćanju aplikacija računalne vizije u poslovanju i ljudskoj svakodnevici. Na kraju analizirajući provedeno istraživanje možemo zaključiti kako ispitanici nisu dovoljno upoznati s pojmom računalne vizije i njenim aplikacijama, što uzrokuje zabrinutost i strah kod korištenja tih aplikacija. Iako je danas vrlo izgledno kako se budućnost čovječanstva kreće u smjeru informatizacije, te posljedično i razvijanju računalne vizije. Računalna vizija još uvijek nije dostatno zastupljena u svakodnevici, te ljudi nisu upoznati s njenim mogućnostima, a ponekad koriste njene aplikacije neznajući da to čine. Promotrimo li rezultate, većina ispitanika ima pozitivno mišljenje o prednostima korištenja aplikacija računalne vizije, bilo to na poslu ili za osobne potrebe. Na pitanja o upoznatosti s pojmom računalne vizije i područjima na kojima se koristi, većina je ispitanika odgovorila kako nisu upoznati s tim pojmom, po čemu se može zaključiti kako među ispitanicima postoje pojedinci koji su se u ovome upitniku prvi put susreli s tim pojmom. Također, putem ankete ispitanici su se upoznali s dvije aplikacije računalne vizije, Amazon Go i jednom bankarskom aplikacijom, te je većina ispitanika odgovorila kako bi korištenje istih omogućilo brže i efikasnije

izvršavanje zadataka. Zatim su ispitanici iznijeli svoj stav, odnosno slaganje s određenim izjavama o samome prihvaćanju aplikacija i savladavanje koraka pri korištenju istih, samoučinkovitosti. Ispitanici su također mogli iznijeti svoje mišljenje o ulasku u autonomni automobil, otključavanju mobilnih uređaja putem identifikacije lica i pretraživanju pomoću fotografija, većina se opredijelila za nepovjerljivost, što je i razumljiv odgovor budući da su ti pojmovi u trenutnom društvu shvaćeni kao apstraktni.

Iako možda nije tako napredan kao ljudski vid, računalni vid se razvio do te mjere da je danas vrlo koristan u poslovanju. Prepoznavanje lica, pokretano računalnim vidom, koristi se za nadzorne i sigurnosne sustave. Mnogi proizvođači automobila od Forda do Tesle trude se uvesti svoju verziju autonomnog vozila u masovnu proizvodnju. Računalni vid u medicini pomaže u dijagnosticiranju bolesti i drugih tegoba te proširuje vid kirurga tijekom operacija. Financijske institucije koriste računalni vid kako bi spriječile prijevare, omogućile mobilne depozite i vizualno prikazale brojčane podatke. U proizvodnji, računalni vid čini stvari učinkovitijima i sigurnijima. Koristi se u prediktivnom održavanju za prepoznavanje problema prije nego što dođe do kvarova, kao i u mjerama kontrole kvalitete. Poljoprivredna industrija koristi računalni vid kako bi poslovanje učinila uspješnijim, praćenjem polja na znakove bolesti ili štetnika kako bi se brzo moglo poduzeti mjere za njihovo iskorjenjivanje. Primjene računalnog vida toliko su raznolike da je teško zamisliti posao koji ne bi mogao imati koristi od toga. Kako se računalna vizija nastavlja širiti, nije dalek trenutak kada će industrija vizije zauzeti prvu poziciju kao dobavljač rješenja za probleme u stvarnom svijetu. Tehnologiju je svakako vrijedno usvojiti za optimizaciju poslovnih procesa, dodavanje automatizacije, jačanje sigurnosti i učinkovito upravljanje prometom.

10. POPIS LITERATURE

Popis e-knjiga:

1. Branislav Kisačanin, Shuvra S. Bhattacharyya, Sek Chai (2009), „Embedded Computer vision“, preuzeto: https://books.google.hr/books?hl=hr&lr=&id=u19-WU_odOYC&oi=fnd&pg=PR7&dq=computer+vision+in+business&ots=pa3_P4II1y&sig=GP3wuc0ugYflfRU5ObHhshzIOgA&redir_esc=y#v=onepage&q=computer%20vision%20in%20business&f=false (20.10.2021.)
2. J.R.Parker (2011.), „Algorithms for Image Processing and Computer Vision“, preuzeto: https://books.google.hr/books?hl=hr&lr=&id=BK3oXzpxC44C&oi=fnd&pg=PR1&dq=computer+vision&ots=ITiF8gEBTE&sig=MExxzLTimO4hPTbjZTBNxZVw pnM&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false (30.10.2021.)
3. Nicu S., Lew M.S. (2003.), „Robust Computer Vision, Theory and Applications“, preuzeto: https://books.google.hr/books?hl=hr&lr=&id=yA6rCAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR11&dq=computer+vision+in+business+applications&ots=Ans_SH3gBQ&sig=KtVLw-pTnOPUYXf7qmNO-4SkZhY&redir_esc=y#v=onepage&q=computer%20vision%20in%20business%20applications&f=false (20.10.2021.)
4. Szeliski Richard (2011.), „Computer Vision, Algorithms and Application“, preuzeto: https://books.google.hr/books?hl=hr&lr=&id=bXzAlkODwa8C&oi=fnd&pg=PR4&dq=computer+vision&ots=g-Y43YozIB&sig=xJT45HW9zeEMYBP5WlzfFqaxXHY&redir_esc=y#v=onepage&q=computer%20vision&f=false (20.10.2021.)

Popis web stranica:

1. Brownlee Jason, „A Gentle Introduction to Computer Vision, Deep Learning for Computer Vision“, March 19, 2019, preuzeto: <https://machinelearningmastery.com/what-is-computer-vision>
2. Daron Acemoglu and Pascual Restrepo, „Artificial Intelligence, Automation, and Work“, preuzeto: <http://www.nber.org/chapters/c14027> (02.12.2021.)

3. Data Flair, „Image Segmentation with Machine Learning“, preuzeto: <https://data-flair.training/blogs/image-segmentation-machine-learning> (30.10.2021.)
4. Dominik Polzer (2021.), „7 of the Most Used Regression Algorithms and How to Choose the Right One“, preuzeto: <https://towardsdatascience.com/7-of-the-most-commonly-used-regression-algorithms-and-how-to-choose-the-right-one-fc3c8890f9e3> (05.11.2021.)
5. Ion Marques, „Face Recognition Algorithms“, Proyecto Fin de Carrera, June 16, 2010, preuzeto: <http://alweb.ehu.es/ccwintco/uploads/d/d2/PFC-IonMarqu%C3%A9s.pdf> (05.11.2021.)
6. Jyoti A Kodagali, S Balaji, „Computer Vision and Image Analysis based Techniques for Automatic Characterization of Fruits – a Review“, International Journal of Computer Applications, Volume 50 – No.6, July 2012, India, preuzeto: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.258.6204&rep=rep1&type=pdf>
7. Lyndon Chan, „Introduction to Computer Vision for Business Use-Cases“, Jul 21, 2020, preuzeto: <https://medium.com/alphabyte-research-lab/introduction-to-computer-vision-for-business-use-cases-349acc23c189> (05.11.2021.)
8. Martin Armstrong (2016.), „The Future of A.I.“, preuzeto: <https://www.statista.com/chart/6810/the-future-of-ai> (10.11.2021.)
9. Milan Hrga mag.ing.comp. (2018.), „Računalni vid“, Stručni rad, Zbornik radova Veleučilišta u Šibeniku, No. 1-2/2018, preuzeto: <https://hrcak.srce.hr/198597> (01.12.2021.)
10. Peter M. Corcoran and Claudia Iancu (2011.), „Automatic Face Recognition System for Hidden Markov Model Techniques“, preuzeto: <https://www.intechopen.com/chapters/17155> (25.11.2021.)
11. Remigiusz Labudzki, Stanislaw Legutko, Pero Raos, „The Essence And Applications Of Machine Vision“, Tehnički vjesnik 21, 4(2014), 903-909; preuzeto: <https://core.ac.uk/download/pdf/33263661.pdf> (02.12.2021.)
12. Salihbašić, A. (2018). „Razvoj Android aplikacije za prepoznavanje lica“, Diplomski rad, Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, preuzeto: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:137:810003> (05.11.2021.)
13. Santini Karmen (2021.), „Primjena alata dubokog učenja za prepoznavanje lica“, Undergraduate thesis / Završni rad (02.12.2021.)

11. POPIS GRAFOVA

Grafikon 1: Prikaz globalnog prihoda od umjetne inteligencije 2016. - 2025. godine prema upotrebi	5
Grafikon 2: Prihodi tržišta računalne vizije (AI) širom svijeta, od 2015. do 2019. godine	31
Grafikon 3: Struktura anketiranih ispitanika prema spolu	43
Grafikon 4: Struktura anketiranih ispitanika prema starosnoj dobi	43
Grafikon 5: Struktura anketiranih ispitanika prema stupnju obrazovanja.....	44
Grafikon 6: Struktura anketiranih ispitanika prema upoznatošću s pojmom računalna vizija	44
Grafikon 7: Struktura anketiranih ispitanika prema značenju pojma računalne vizije	45
Grafikon 8: Struktura odgovora prema područjima korištenja računalne vizije	46
Grafikon 9: Struktura odgovora o korištenju aplikacija računalne vizije.....	47
Grafikon 10: Struktura slaganja s izjavama iz osobne (korisničke) perspektive	48
Grafikon 11: Struktura slaganja s izjavama iz perspektive radnika	50
Grafikon 12: Struktura slaganja s izjavama o samoučinkovitosti	51
Grafikon 13: Struktura slaganja s izjavama o sigurnošću korištenja aplikacija računalne	52
Grafikon 14: Struktura anketiranih ispitanika prema planiranju korištenja aplikacija	53
Grafikon 15: Struktura anketiranih ispitanika prema korištenju računalne vizije	53
Grafikon 16: Struktura anketiranih ispitanika prema učestalošću korištenja vizualne	54
Grafikon 17: Struktura anketiranih ispitanika prema korištenju prepoznavanja lica pri otključavanju mobitela	54
Grafikon 18: Struktura anketiranih ispitanika prema mišljenju o ulasku u autonomni automobil.....	55
Grafikon 19: Struktura anketiranih ispitanika prema mišljenju o utjecaju računalne vizije na kvalitetu života i društvo	55

12. POPIS SLIKA I TABLICA

Slika 1: Modeli strojnog učenja.....	10
Slika 2: Prikaz segmentacije objekata	21
Slika 3: Arhitektura sustava za prepoznavanje lica	23
Tablica 1: Aritmetičke sredine i medijani prema strukturama slaganja	56

I. PRILOZI

Prilog I.: Anketni upitnik o stavovima prema prihvaćanju tehnologija i aplikacija računalne vizije

Spol *

Muško

Žensko

Ostalo: _____

Dob *

Manje od 18

18 - 24

24 - 30

31 - 40

41 - 50

Više od 50

Stupanj obrazovanja *

- Osnovna škola
- Srednja škola
- Sveučilišni preddiplomski studij; stručni preddiplomski studij
- Sveučilišni diplomski studij; specijalistički diplomski stručni studij
- Poslijediplomski sveučilišni (doktorski) studij

Jesi li upoznat s pojmom Računalna vizija? *

- Da
- Čuo/la sam za njega
- Nisam upoznat/a s tim pojmom

Po Vašem mišljenju računalna vizija je: *

- znanstveno područje koje se bavi načinom na koji računala mogu steći znanje na visokoj razini pomoću digitalnih slika ili videozapisa.
- razumijevanje i automatiziranje zadataka koje ljudski vizualni sustav može raditi.
- neka vizija, odnosno ideja o budućnosti poslovanja putem računala.
- područje umjetne inteligencije koje osposobljava računala za tumačenje i razumijevanje vizualnog svijeta.

Po Vašem mišljenju, računalna vizija koristi se u sljedećim područjima: *

- Medicine
- Industrije
- Multimedija
- Sustavi nadzora
- Satelitske slike
- Bankarstva i financija
- Ostalo: _____

Molim Vas da na skali od 1 do 5 ocijenite Vaš stupanj slaganja pri čemu ocjene imaju sljedeće značenje: 1 - uopće se ne slažem, 2 - ne slažem se, 3 - niti se slažem niti se ne slažem, 4 - slažem se, 5 - u potpunosti se slažem

U slučaju trgovine, kao što je Amazon Go, u kojoj nema čekanja reda na blagajni već kupci prije ulaska u trgovinu aktiviraju aplikaciju za mobitel i uz pomoć računalne vizije puni se (ili prazni ukoliko vrate proizvod na policu) virtualna košarica.

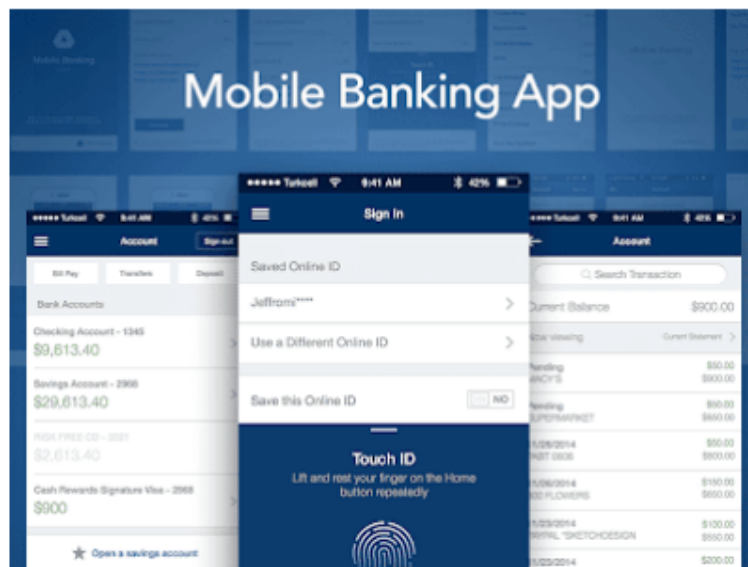


Smatram da bi korištenje ove aplikacije računalne vizije omogućilo brže izvršavanje zadataka.*

1 2 3 4 5

Uopće se ne slažem Potpuno se slažem

Kada bi imali bankarsku aplikaciju, u kojoj korisnici fotografiraju osobni dokument ili uplatnicu pomoću svog mobilnog uređaja i pošalju u banku, preko koje će softver za računalni vid, na strani banke, provjeriti autentičnost, onda kao (potencijalni) korisnik takve aplikacije smatram: *



1 2 3 4 5

da bi korištenje
ove aplikacije
omogućilo
brže
izvršavanje
zadataka.

Iz osobne (korisničke) perspektive, temeljem primjera iz prethodnih pitanja, smatram: *

	1	2	3	4	5
kako bi mi učenje rada s aplikacijama računalne vizije bilo lako.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
da bi bilo lako upravljati aplikacijama koje koriste računalnu viziju.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
da bi moja interakcija s aplikacijama računalne vizije bila jasna i razumljiva.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
da bi bilo lako postati vješt/a u korištenju aplikacija računalne vizije.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
da imam znanje potrebno za upotrebu aplikacija računalne vizije.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
da imam preduvjete potrebne za korištenje aplikacija računalne vizije.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Iz perspektive radnika/ce, čije poduzeće koristi aplikacije ili tehnologije računalne vizije, smatram: *

	1	2	3	4	5
da bi aplikacije računalne vizije bile korisne u mom poslu.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
kako bi korištenje aplikacija računalne vizije povećalo moju produktivnost.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
kako je korištenje aplikacija računalne vizije dobra ideja.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
kako korištenje aplikacija računalne vizije čini rad/posao zanimljivijim.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
kako bi rad s aplikacijama računalne vizije bio zabavan.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
kako aplikacije računalne vizije nisu kompatibilne s drugim sustavima koje koristim.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Samoučinkovitost - mogao/la bih dovršiti posao ili zadatak pomoću aplikacija računalne vizije ... *

	1	2	3	4	5
ako blizini ne bi bilo nikoga tko bi mi rekao što trebam raditi.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ako bih mogao/la pozvati nekoga u pomoć ako zapnem.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
samo ako bih imao/la puno (dovoljno) vremena da dovršim posao za koji je softver namijenjen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ako bi u aplikaciji postojao ugrađeni centar za pomoć i podršku.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Slaganje s izjavama o sigurnosti korištenja aplikacija računalne vizije *

	1	2	3	4	5
Zabrinut/a sam po pitanju sigurnosti korištenja aplikacija računalne vizije.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bojim se koristiti aplikacije računalne vizije.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Plaši me pomisao da bih koristeći aplikacije mogao/la izgubiti puno informacija pritiskom na pogrešni gumb.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Oklijevam koristiti sustav iz straha da ne napravim pogreške koje ne mogu ispraviti.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Smatram da računalna vizija može doprinijeti tome da moje radno mjesto bude zamijenjeno aplikacijom ili robotom.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Kada mislite započeti s korištenjem aplikacija računalne vizije? *

- Namjeravam koristiti aplikacije računalne vizije u sljedećih 6 mjeseci.
- Predviđam da ću koristiti aplikacije računalne vizije u sljedećih 6 mjeseci.
- Planiram korištenje aplikacija računalne vizije u sljedećih 6 mjeseci.

Koristim se računalnom vizijom *

- svakodnevno
- više puta tjedno
- jednom mjesečno
- jednom godišnje
- Ne koristim

Koliko često se koristite vizualnom pretragom / prepoznavanjem slika? (5-Vrlo često, 4-Često, 3-Povremeno, 2-Rijetko, 1-Ne koristim) *

- | | | | | | | |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Ne koristim | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Vrlo često |

Koristite li se prepoznavanjem lica pri otključavanju mobitela? *

- Da
- Ne

Otvorite aplikaciju, naručite prijevoz, a po vas dođe autonomni automobil (automobil bez vozača). Biste li ušli u njega? *

- Da
- Ne
- Možda / Ne znam

Hoće li razvoj računalne vizije pozitivno utjecati na kvalitetu života i društvo? *

- Da
- Ne
- Možda / Ne znam