



UNIVERZITET U SARAJEVU  
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET SARAJEVO  
ODSJEK ZA RAČUNARSTVO I INFORMATIKU



# Detekcija lica

SEMINARSKI RAD  
- PREPOZNAVANJE OBLIKA I OBRADA SLIKE -

**Profesor:**

Prof. dr. Samir Omanović

**Student:**

Din Švraka

Sarajevo, Decembar 2023.

## Sadržaj

<b>1.</b>	<b>Uvod.....</b>	<b>1</b>
1.1.	Definicija detekcije lica i općenito o detekciji lica .....	1
1.2.	Značaj detekcije lica u savremenom društvu .....	2
1.2.1.	Prednosti detekcije lica .....	3
1.2.2.	Nedostaci detekcije lica .....	3
<b>2.</b>	<b>Metodologije i algoritmi detekcije lica .....</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>Primjene tehnologije detekcije lica.....</b>	<b>5</b>
3.1.	Tehnologije za prepoznavanje emocija.....	5
3.2.	Korištenje detekcije lica u pametnim uređajima i kamerama .....	6
3.3.	Primjena detekcije lica u medicini.....	7
3.4.	Primjena detekcije lica u kriminalističkim istraživanjima .....	8
<b>4.</b>	<b>Zaključak.....</b>	<b>10</b>

## Popis slika

Slika 1.1.	Situacija kada lice nije odmah očigledno.....	2
Slika 1.2.	Ilustracija detekcije lica, izlaz detektora lica .....	2
Slika 2.1.	Primjer algoritma aktivnog modela.....	4
Slika 3.1.	Automatska analiza facijalnog izraza (AFEA).....	5
Slika 3.2.	Izrazi lica specifični za emocije .....	6
Slika 3.3.	Tipovi biometrijskih autentifikacija na pametnim mobilnim uređajima ..	7
Slika 3.4.	Ilustracija detekcije lica u kriminalističkim istraživanjima.....	8

## 1. Uvod

Detekcija lica, kao ključan segment u domeni vizualne analize i biometrije, igra presudnu ulogu u savremenom društvu. Ovaj rad istražuje osnovne principe, metode, algoritme i primjene detekcije lica. Detaljno ćemo razmotriti tehničke aspekte, metode prepoznavanja facijalnih karakteristika te primjene detekcije lica u različitim sektorima.

### 1.1. Definicija detekcije lica i općenito o detekciji lica

Detekcija lica je proces lociranja lica na slici bez obzira na različite orijentacije glave, razmjere, svjetlosne uslove i izraze lica. Ona detektuje karakteristike lica i ignoriše sve ostalo, poput tijela, drveća i zgrada. Može se shvatiti kao poseban slučaj detekcije objekata čiji je cilj locirati bilo koji objekt koji pripada određenoj klasi (pješaci, automobili, prometni znakovi). [1]

Aplikacije za prepoznavanje lica koriste napredne tehnologije poput algoritama vještačke inteligencije, mašinskog učenja, statističke analize i obrade slika kako bi identificirale ljudska lica unutar većih slika. Glavni cilj je razlikovanje ovih lica od drugih oblika i slika, poput pejzaža, građevina i drugih dijelova ljudskog tijela. Prije početka procesa prepoznavanja lica, mediji koji se analiziraju prolaze kroz predobradu kako bi se poboljšala kvaliteta i eliminirale slike koje bi mogle ometati detekciju. [2]

Algoritmi korišteni za detekciju lica obično započinju pretragu identificiranjem ljudskih očiju, koje su među najlakšim karakteristikama za detektiranje. Nakon toga, algoritmi pokušavaju prepoznati ključne tačke lica, uključujući obrve, usta, nos, i nozdrve. Kada algoritam dođe do zaključka da je pronašao područje lica, provodi dodatne testove kako bi potvrdio preciznost detekcije lica. Kako bi osigurali tačnost, algoritmi se treniraju na velikim skupovima podataka koji uključuju stotine hiljada pozitivnih i negativnih slika. Treniranje poboljšava sposobnost algoritama da odrede postojanje lica na slici i precizno utvrde njihov položaj. Softver za prepoznavanje lica djeluje tako da identificira karakteristike lica na fotografijama ili videozapisima pomoću algoritama mašinskog učenja. Prvi korak uključuje pretragu za okom, a zatim softver identificira ostale karakteristike lica. Te karakteristike se zatim uspoređuju s treniranim podacima kako bi se potvrdilo uspješno prepoznavanje lica. [2]

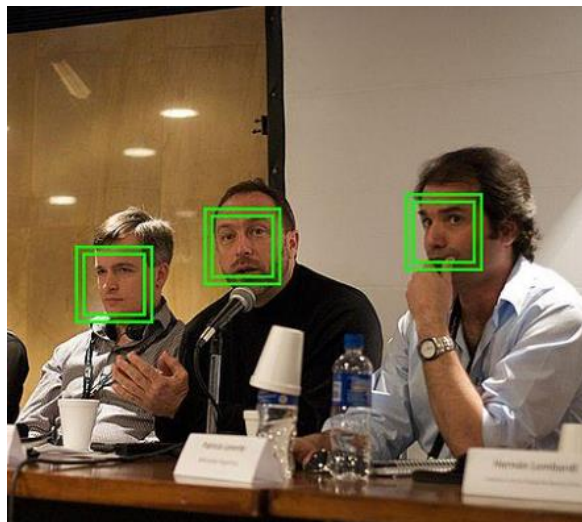
Zaključak koji se može donijeti jeste svakako da ljudsko lice igra ključnu ulogu u prepoznavanju ljudi i prenosi važne društvene informacije. Ipak, preduslov za pravilno shvatanje algoritama za detekciju lica jeste znanje da unutar ljudskog uma postoje kompleksni psihološki procesi koji omogućavaju prepoznavanje lica, a ovi procesi su prisutni od samog rođenja. Mozak, kao centralni organ nervnog sistema, ima velike i dobro razvijene dijelove koji se bave percepcijom lica, što omogućava brzo i precizno lociranje lica u okolini. Ipak, ova sposobnost nije bezgranična budući da postoje situacije gdje lice nije odmah očigledno. Čak i ljudi moraju primijeniti metod "grube sile" kako bi pronašli lice. To znači pažljivo pregledavanje slike s obzirom na svaki mogući položaj, razmjere i rotaciju, što je pristup koji često koriste i detektori lica kako bi obavili svoj posao.



Slika 1.1. Situacija kada lice nije odmah očigledno [3]

## 1.2. Značaj detekcije lica u savremenom društvu

U savremenom društvu, detekcija lica se pokazala kao ključna tehnologija s izniman značajem u različitim aspektima našeg svakodnevnog života. Ova tehnološka disciplina donosi, ne samo povećanu razinu sigurnosti, već i revoluciju u područjima kao što su identifikacija, trgovina, medicina te obrazovanje. Ovaj rad također istražuje i analizira primjene detekcije lica kroz detaljno istraživanje temeljnih principa, metoda i tehnika. Međutim, prije detaljne analize detekcije lica neophodno je istaći da ista u savremenom društvu donosi brojne prednosti, ali istovremeno nosi i određene nedostatke.



Slika 1.2. Ilustracija detekcije lica, izlaz detektora lica [4]

### **1.2.1. Prednosti detekcije lica**

Detekcija lica pridonosi poboljšanoj sigurnosti, naročito u nadzornim sistemima, olakšavajući praćenje kriminalaca i terorista. Zamjena lica umjesto tradicionalnih lozinki pridonosi ličnoj sigurnosti, jer ne ostavlja prostor za hakiranje ili krađu podataka. Osim toga, tehnologija detekcije lica lako se integrira i kompatibilna je s većinom softvera za kibernetičku sigurnost. Ova jednostavnost integracije čini je pristupačnom širokom spektru korisnika. Automatizacija identifikacijskog procesa također je jedna od ključnih prednosti detekcije lica. Dok je ranije prepoznavanje identiteta bilo ručno i često netačno, detekcija lica automatski ubrzava proces, čime se štedi vrijeme i povećava preciznost. [2]

### **1.2.2. Nedostaci detekcije lica**

Unatoč prednostima, detekcija lica nosi i nekoliko značajnih nedostataka. Tehnologija mašinskog učenja koja se koristi za detekciju lica zahtijeva velike količine pohrane podataka, što može predstavljati teret za korisnike s ograničenim resursima. Nepreciznost detekcije lica također je izazov. Iako pruža preciznije rezultate od ručnih metoda identifikacije, mogu je poremetiti promjene u izgledu, uglovima kamere, izrazu lica, položaju, orijentaciji, boji kože te drugim varijablama. Pitanje privatnosti postaje ključno, budući da tehnologija detekcije lica, iako korisna za praćenje kriminala, može omogućiti nadzor nad svim građanima. Stoga, postavljanje strogih regulativa nužno je kako bi se osiguralo poštivanje ljudskih prava privatnosti. Dodatna zabrinutost odnosi se na diskriminaciju, posebno u prepoznavanju osoba boje kože, gdje nedostaci u tačnosti detekcije mogu dovesti do krivih povezivanja osoba s zločinima koje nisu počinile. Ove brige ukazuju na potrebu za rješavanjem širih problema rasnih pristranosti u algoritmima mašinskog učenja. [2]

## 2. Metodologije i algoritmi detekcije lica

Prepoznavanje lica je dinamično polje koje se ubrzano razvija uz raznolike metodologije i algoritme dizajnirane za efikasno obavljanje kompleksnog zadatka identifikacije i verifikacije pojedinaca na osnovu facijalnih karakteristika. Rani pristupi uključuju algoritme zasnovane na izgledu, kao što su Direktna korelacija, Eigen-face i Fisher-face, koji koriste piksele iz cijelih facijalnih slika za prepoznavanje. Direktna korelacija uspoređuje vrijednosti piksela između slika, dok Eigen-face i Fisher-face smanjuju dimenzionalnost slika, postavljajući temelje za buduće tehnološke inovacije. [5]

Algoritmi aktivnog modela izgleda integrišu statističke informacije o varijacijama oblika i teksture unutar facijalnih slika, koristeći analizu glavnih komponenti za generisanje statističkog modela. Ovi algoritmi pomažu u lokalizaciji tačaka prepoznavanja na trening setu slika, poboljšavajući tačnost prepoznavanja iterativnim podešavanjem modela na osnovu preostalih grešaka. Primjer ovakvog algoritma je prikazan u nastavku, a gdje je jasno pokazano da prva slika predstavlja početnu poziciju, druga poziciju nakon nekog (u ovom slučaju petog) ponavljanja i treća konevrgenciju. Algoritam se bazira na prolasku kroz svaku tačku modela radi pronalaska najboljeg lokalnog podudaranja, ažuriranja parametara oblika, a sve s ciljem da instanca modela u konačnici najbolje odgovara pronađenim tačkama i da ponavljanjem postigne konvergenciju.



Slika 2.1. Primjer algoritma aktivnog modela [6]

Neuronske mreže, oponašajući biološke sisteme, pokazuju sposobnost učenja iz primjera, toleranciju na greške i robusnost, čineći ih prikladnim za prepoznavanje facijalnih slika s različitim varijacijama. Algoritmi zasnovani na teksturi, poput Local Binary Pattern (LBP), fokusiraju se na tekstualne karakteristike lica, dok algoritmi zasnovani na karakteristikama izvlače geometrijske karakteristike i udaljenosti iz facijalnih slika. [5]

### 3. Primjene tehnologije detekcije lica

U periodu ubrzanog tehnološkog razvoja, tehnologija detekcije lica se pojavila kao ključna inovacija koja transformiše različite sfere našeg društva. U nastavku će biti detaljno prezentovan fascinantan svijet primjena tehnologije detekcije lica, pri čemu će biti prikazano i opisano kako ova napredna tehnologija oblikuje naše svakodnevne živote.

#### 3.1. Tehnologije za prepoznavanje emocija

Facijalni izrazi predstavljaju promjene na licu kao odgovor na unutrašnje emocionalno stanje osobe, namjere ili socijalne komunikacije. Analiza facijalnog izraza odnosi se na računarske sisteme koji pokušavaju automatski analizirati i prepoznati pokrete lica te promjene u facijalnim karakteristikama putem vizualnih informacija. Ponekad se analiza facijalnog izraza može pomiješati s analizom emocija u području računarskog vida. Za analizu emocija potrebno je više razine znanja. Naprimjer, iako facijalni izrazi mogu prenositi emocije, također mogu izražavati namjere, kognitivne procese, fizički napor i slično. Tumačenje je olakšano kontekstom, tjelesnim pokretima, glasom, individualnim razlikama i kulturnim faktorima, kao i konfiguracijom lica i vremenom. Računarski sistemi za analizu facijalnog izraza moraju analizirati facijalne akcije bez obzira na kontekst, kulturu, spol itd. [7]

Analiza facijalnog izraza uključuje mjerenje pokreta lica i prepoznavanje izraza. Opći pristup automatskoj analizi facijalnog izraza (AFEA) sastoji se od akvizicije lica, ekstrakcije i reprezentacije facijalnog izraza, te prepoznavanja facijalnog izraza.

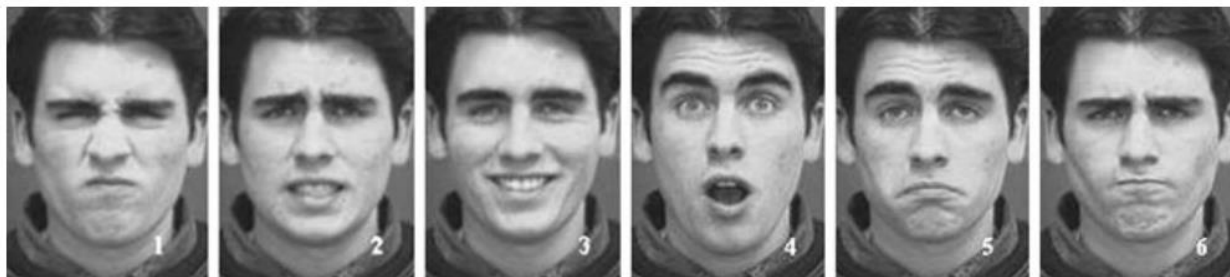


Slika 3.1. Automatska analiza facijalnog izraza (AFEA) [7]

Akvizicija lica je faza obrade koja automatski pronalazi područje lica za ulazne slike ili sekvence. To može biti detektor koji detektira lice za svaki okvir ili samo detektira lice u prvom okviru, a zatim prati lice u preostalom dijelu video sekvence. Nakon što je lice locirano, sljedeći korak je ekstrakcija i reprezentacija promjena na licu uzrokovanih facijalnim izrazima. U ekstrakciji facijalnih karakteristika za analizu izraza postoje uglavnom dvije vrste pristupa koje čine metode bazirane na geometrijskim karakteristikama i metode bazirane na izgledu. Geometrijske facijalne karakteristike predstavljaju oblik i položaj facijalnih komponenti (uključujući usta, oči, obrve, nos itd.). Komponente lica izdvajaju se kako bi se formirao vektor

parametara koji predstavlja geometriju lica. Kod metoda baziranih na izgledu, filteri slike se primjenjuju na cijelo lice ili određena područja na slici lica kako bi se izdvojio vektor parametara.

Prepoznavanje facijalnog izraza zadnja je faza sistema AFEA. Promjene na licu mogu se identificirati kao facijalne jedinice ili prototipski emocionalni izrazi. [7]



Slika 3.2. Izrazi lica specifični za emocije [7]

Prostor problema za facijalni izraz uključuje više dimenzija. Idealni sistem analize facijalnog izraza mora riješiti sve ove dimenzije i dati izlaze s tačnim rezultatima prepoznavanja. Osim toga, idealni sistem analize facijalnog izraza mora automatski obavljati u stvarnom vremenu sve faze. Do sada, nekoliko sistema može prepoznati izraze u stvarnom vremenu.

### 3.2. Korištenje detekcije lica u pametnim uređajima i kamerama

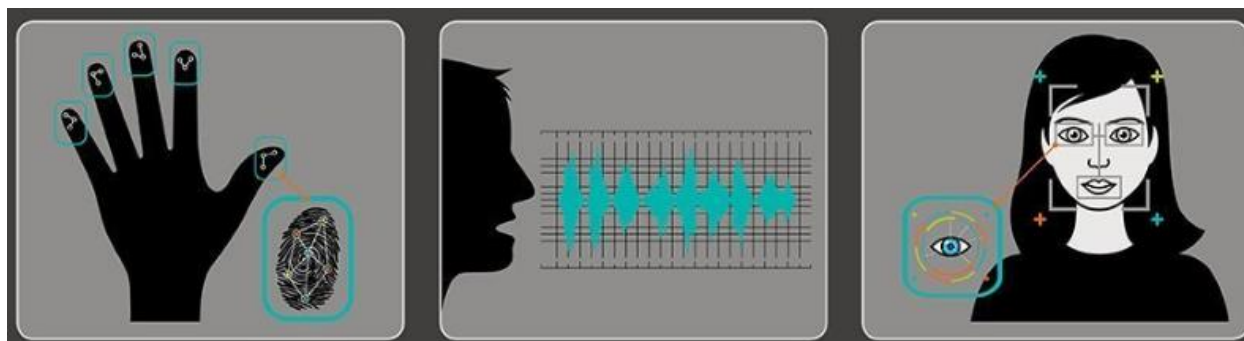
Detekcija lica, kao sinonim za inovativnu tehnologiju, sve više postaje integrisana u pametne uređaje, donoseći sa sobom širok spektar primjena koje značajno unaprijeđuju funkcionalnosti i sigurnost uređaja. Primjena ove tehnologije proteže se na različite domene, pri čemu se jedno od najčešćih područja nalazi u pametnim telefonima. Većina modernih pametnih telefona koristi detekciju lica za automatsko fokusiranje kamera prilikom fotografiranja i snimanja videozapisa. Naprimjer, korisnici Apple iPhone mobilnih uređaja mogu iskoristiti detekciju lica za otključavanje svojih uređaja, pružajući im siguran i jednostavan pristup njihovim podacima. Osim u području mobilnih uređaja, detekcija lica ima ključnu ulogu i u domeni sigurnosti, posebno u sistemima nadzornih kamera. Ova tehnologija se koristi za prepoznavanje osoba koje ulaze u ograničena područja ili za praćenje broja ljudi koji pristupaju određenom mjestu. [2]

Zanimljiva primjena je da detekcija lica omogućava računarima da izvlače jezičke zaključke iz vizualnih znakova, kao što je čitanje sa usana. Ovo značajno pomaže računarima u određivanju ko govori i šta govori, pružajući dodatni sloj sigurnosti. Također, detekcija lica se može koristiti za prepoznavanje dijelova slike koje treba zamagliti radi zaštite privatnosti. Javne sigurnosne kamere mogu uspješno koristiti ovu tehnologiju kako bi u stvarnom vremenu mapirale ulice i ljude na njima, pružajući ključne informacije za praćenje sigurnosti u javnim prostorima.

S obzirom na sve ove primjene, detekcija lica predstavlja ključni element modernih tehnoloških rješenja, doprinoseći kako praktičnosti, tako i sigurnosti u različitim aspektima svakodnevnog života.



Na slici koja je priložena u nastavku prikazana su tri primjera tipova biometrijskih autentifikacija na pametnim mobilnim uređajima. Svaka od priloženih autentifikacija ima svoje prednosti, ali i nedostatke. Prvenstveno, autentifikacija putem otiska prsta je jedinstvena za svakog pojedinca, ali zahtijeva integraciju sa softverom za pristup mreži. Dalje, prepoznavanje glasa iako ne zahtijeva dodatni hardver nije održivo u postavkama u kojima korisnik mora šutjeti. Analogno iako prepoznavanje lica također ne zahtijeva dodatni hardver, isto je dostupno za široki spektar aplikacija. Međutim, i pored toga što istraživanja pokazuju da detekcija lica predstavlja bolji način autentifikacije, postoje istraživanja koja tvrde da autentifikacija putem prepoznavanja lica ima nedostatak koji je direktno vezan sa poništavanjem iste slikom vlasnika telefona.



Slika 3.3. Tipovi biometrijskih autentifikacija na pametnim mobilnim uređajima [2]

### 3.3. Primjena detekcije lica u medicini

Lice je jedinstveni pokazatelj bioidentiteta ljudske vrste. Pruža informacije o dobi, spolu, rasi, svijesti, emocijama i zdravstvenom stanju. Različite bolesti ne manifestuju se samo kao unutrašnje strukturalne i funkcionalne nepravilnosti, već imaju i karakteristične deformacije na licu. Bolesti s manifestacijama na licu uglavnom su endokrini i metabolički poremećaji, genetski sindromi i bolesti neuromišićnog sistema, a neke od njih su vrlo kompleksne i rijetke. Rana dijagnoza i razlikovanje ovih bolesti od suštinske su važnosti za pravovremenu terapiju i bolju prognozu. Identificiranje tipičnih karakteristika lica dio je tradicionalne dijagnostičke putanje i vrlo zavisi od stručnosti i iskustva.

Prva istraživanja o primjeni detekcije lica u dijagnozi bolesti datiraju iz 2000-ih godina. Genetski sindromi djece i poremećaji neuromišića lica bili su prve bolesti otkrivene putem metoda zasnovanih na znanju. Pojava vještačke inteligencije (UI) promijenila je ljudski život i dovela do značajnih pomaka u zdravstvu. Analiza medicinskih slika najbrže se razvija u domeni UI medicine, a ista u toj oblasti postiže značajan napredak u radiologiji, patologiji, oftalmologiji, dermatologiji i gastroenterologiji. Prepoznavanje lica, kao ključan dio automatske analize slika, također pokazuje iznimnu učinkovitost u eri vještačke inteligencije. Shodno tome, prepoznavanje lica služi kako bi pomoglo u dijagnostici bolesti koje karakterišu abnormalnosti na licu. [8]

Kako se automatizirana dijagnoza bazirana na slikama razvija, dijagnoza bazirana na prepoznavanju lica postaje jedno od najperspektivnijih i najnovijih područja u interdisciplinarnoj

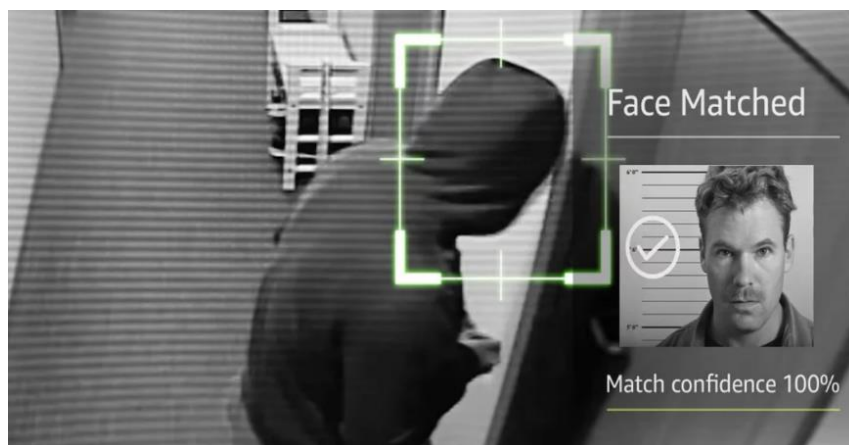
medicinskoj praksi. Ona ubrzava proces pretraživanja i otkrivanja bolesti, rezultirajući ranijim početkom sveobuhvatnog liječenja. Iako manifestacije na licu olakšavaju identifikaciju samo na temelju izgleda pacijenata, bolesti s takvim karakterističnim obilježjima na licu uglavnom su složene i rijetke. U tradicionalnim dijagnostičkim metodama, svjesnost o ovim bolestima predstavlja prvi izazov, pogotovo za liječnike koji nemaju dovoljno iskustva. Drugi izazov je odabrati odgovarajuće pretrage i postići definitivnu analizu rezultata. Stoga je učinkovitost tehnologije UI prepoznavanja lica teoretski otvorila mogućnost za dijagnostički put koji štedi vrijeme i novac. [8]

### 3.4. Primjena detekcije lica u kriminalističkim istraživanjima

Kriminal ostaje jedan od osnovnih društveno-ekonomskih problema 21. vijeka, a za njegovo suzbijanje potrebni inovativni pristupi izvan tradicionalnih metoda pravosudnih organa. Tehnološki napredak se pokazao kao ključan u prevenciji kriminala, a jedna od takvih inovacija je tehnologija detekcije lica.

Tehnologija prepoznavanja lica je postala moćan alat u borbi protiv kriminala. Pomoću sofisticiranih algoritama, ova tehnologija može analizirati i uparivati facijalne karakteristike, pomažući u identifikaciji pojedinaca uključenih u kriminalne aktivnosti. Mogućnost detektovanja i praćenja lica na javnim mjestima pruža pravosudnim organima proaktivni pristup prevenciji kriminala. Ova tehnologija može posebno efikasno identificirati osumnjičene, pratiti njihova kretanja i spriječiti ponovno pojavljivanje kriminalnih incidenata.

Osim svoje preventivne uloge, tehnologija prepoznavanja lica igra ključnu ulogu u prikupljanju dokaza za kriminalistička istraživanja. Mogućnost uparivanja lica s postojećim bazama podataka omogućava pravosudnim organima da povežu pojedince s određenim lokacijama ili aktivnostima, pružajući vrijedne tragove u rješavanju zločina. Mogućnost analize facijalnih izraza i emocija također može doprinijeti razumijevanju psiholoških aspekata kriminalnog ponašanja, pomažući istražiocima u izgradnji sveobuhvatnih slučajeva. [9]



Slika 3.4. Ilustracija detekcije lica u kriminalističkim istraživanjima [10]

Iako tehnologija prepoznavanja lica nudi značajne prednosti u kriminalističkim istraživanjima, važno je naglasiti i određene izazove. Pitanje priznavanja dokaza dobivenih tehnologijom prepoznavanja lica pred sudom ostaje kompleksno, s obzirom na to da pravni okviri teško prate tehnološki napredak. Raskorak između tehnologije i zakonodavstva naglašava potrebu za kontinuiranom saradnjom između tehnološkog i pravnog sektora kako bi se osiguralo da se tehnologija prepoznavanja lica koristi u skladu s pravnim standardima.

## 4. Zaključak

Detekcija lica predstavlja ključan segment u domeni vizualne analize i biometrije, pružajući inovativna rješenja s izuzetnim značajem u različitim sektorima savremenog društva. Detekcija lica, kao proces lociranja lica na slici, koristi napredne tehnologije poput algoritama vještačke inteligencije i mašinskog učenja. Ključni koraci u ovom procesu uključuju identifikaciju očiju, prepoznavanje ključnih tačaka lica te dodatne testove za potvrdu preciznosti detekcije. Važno je napomenuti da, iako tehnologija detekcije lica pruža brojne prednosti, postoji niz izazova i nedostataka. Prednosti detekcije lica uključuju poboljšanu sigurnost, automatizaciju identifikacijskih procesa te nizak prag integracije s različitim softverima. Međutim, potrebno je rješavati izazove kao što su zahtjevi za pohranom podataka, nedostaci u tačnosti detekcije, privatnost i potencijalna diskriminacija. Metodologije i algoritmi detekcije lica su dinamični, s raznolikim pristupima poput aktivnih modela i neuronskih mreža. Ovi napredni modeli omogućuju efikasnu identifikaciju i verifikaciju pojedinaca na osnovu facijalnih karakteristika. U savremenom društvu, detekcija lica ima široku primjenu, od sigurnosnih sistema, preko pametnih uređaja, do medicinske dijagnostike i kriminalističkih istraživanja. Također, neizostavna je i kada je riječ o tehnologijama za prepoznavanje emocija. Posebno se ističe značaj ove tehnologije u medicinskoj dijagnostici, gdje brza identifikacija facijalnih karakteristika pomaže u ranoj dijagnozi različitih bolesti.

Detekcija lica nije samo tehnološki napredak, već i ključni faktor koji oblikuje sigurnost, praktičnost i društvenu dinamiku u savremenom društvu. S obzirom na izazove i prednosti, daljnja istraživanja i saradnja između tehnološkog i pravnog sektora ključni su za optimalno iskorištavanje potencijala ove tehnologije u budućnosti.

## Reference

- [1] Kalal, Z. (2007). "Face Detection with Waldboost Algorithm." Diploma Thesis. January 18, 2007. Online. Pristupljeno: Nov 6, 2023.
- [2] Barney, N., & Bernstein, C. (2018-2023). "Face Detection." TechTarget. Online. Dostupno: <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/face-detection>. Pristupljeno: Nov 8, 2023.
- [3] Wagland, E., Mirza, T., & Cripps, M. (2014). "Optical Illusions: Can You Spot The Famous Faces In These Coffee Bean Pictures?" The Huffington Post. Online. Dostupno: [https://www.huffingtonpost.co.uk/2015/12/30/coffee-bean-illusion\\_n\\_6105952.html](https://www.huffingtonpost.co.uk/2015/12/30/coffee-bean-illusion_n_6105952.html). Pristupljeno: Nov 11, 2023.
- [4] "Face Recognition." September 6, 2018. Irish Times Closed. Tags: Algorithms, Computer Science, Social attitudes. Dostupno: <https://thatsmaths.com/2018/09/06/face-recognition/>. Pristupljeno: Nov 12, 2023.
- [5] Ghahramani, F. (2015). "Face Recognition: An Engineering Approach." Master's Thesis, San Jose State University. SJSU ScholarWorks. Fall 2015. Online. Pristupljeno: Nov 15, 2023.
- [6] Cootes, T. F. "Active Shape Models." Online. Dostupno: <https://personalpages.manchester.ac.uk/staff/timothy.f.cootes/Models/asms.html>. Pristupljeno: Nov 17, 2023.
- [7] Tian, Y., Kanade, T., & Cohn, J. F. (2011). "Facial Expression Recognition." In Facial Expression Recognition (Chapter 19). Published in January 2011. Online. Pristupljeno: Nov 20, 2023.
- [8] Qiang, J.; Wu, D.; Du, H.; Zhu, H.; Chen, S.; Pan, H. "Review on Facial-Recognition-Based Applications in Disease Diagnosis." Bioengineering 2022, 9, 273. Online. Dostupno: <https://doi.org/10.3390/bioengineering9070273>. Pristupljeno: Nov 22, 2023.
- [9] Agaga, S. E. "Facial Recognition in Criminal Investigation." A research report submitted in conformity with the requirements for the degree of Master's in Information Technology Security, Faculty of Business and Information Technology, University of Ontario Institute of Technology, March 28, 2018. Online. Pristupljeno: Nov 25, 2023.
- [10] Emerj Artificial Intelligence Research. "Facial Recognition in Law Enforcement – 6 Current Applications." Dostupno: <https://emerj.com/ai-sector-overviews/facial-recognition-in-law-enforcement/>. Pristupljeno: Nov 28, 2023.