

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



**Назив студијског програма: Рачунарска техника и софтверско
инжењерство**

Ниво студија: Основне академске студије

Предмет: Основи рачунарске технике 2

Број индекса: 572/2015

Филип М. Секулић
Систем за аутоматску детекцију и
препознавање лица
дипломски рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **Др Мина Васковић Јовановић - ментор**

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог дипломског рада кандидат треба да

Да преглед постојећих система за детекцију и препознавање лица. Креирање система за аутоматску детекцију и препознавање лица. На основу података доступних у бази потребно је извршити детекцију и препознавање лица и као излазни податак дати карактеристичну информацију о препознатој особи. Резултат завршног рада је апликација која омогућава аутоматску детекцију и препознавање лица.

Препоручена литература:

- [1] P. Viola and M. Jones, "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features", Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. CVPR 2001, Kauai, HI, USA, 2001.
- [2] Degtyarev N., Seredin O. (2010) Comparative Testing of Face Detection Algorithms. In: Elmoataz A., Lezoray O., Nouboud F., Mamass D., Meunier J. (eds) Image and Signal Processing. ICISP 2010. Lecture Notes in Computer Science, vol 6134. Springer, Berlin, Heidelberg
- [3] Mahir Faik Karaaba, "Face recognition in low-resolution images under small sample conditions with face-part detection and alignment", PhD thesis, University of Groningen, Netherlands, 2016.

Крагујевац, 17.05.2019.

Ментор:
Др Мина Васковић Јовановић – доцент

Садржај

1. Увод.....	5
2. Развој система за аутоматску детекцију и препознавање лица кроз историју.....	6
3. Технологије детекције и препознавања лица	8
3.1 Технологија детекције лица	8
3.2 Технологија препознавања лица.....	10
4. Апликација за детекцију и препознавање лица	12
4.1 Алгоритам за детекцију лица.....	13
4.1.1 Хар одлике (<i>Haar-like features</i>).....	13
4.1.2 Интегралне слике	15
4.1.3 AdaBoost.....	17
4.1.4 Каскада класификатора (<i>Cascading Classifiers</i>)	20
4.2 Алгоритам за препознавање лица.....	22
5. Резултати рада апликације за аутоматску детекцију и препознавање лица.....	26
6. Закључак	32
7. Литература.....	33

Summary

This thesis presents an automatic face detection and recognition system based on the use of face detection and recognition algorithms as well as the Python programming language's libraries in which the application code for this system was written. A detailed description of the algorithms is given, as well as the experimental results aimed at examining the influence of individual parameters on the behavior of the system.

Key words: face detection, face recognition, algorithm, system.

Резиме

Овим дипломским радом је представљен систем за аутоматску детекцију и препознавање лица базиран на употреби алгоритама за детекцију и препознавање лица као и библиотека програмског језика Python у коме је написан код апликације за овај систем. Дат је детаљан опис алгоритама, као и експериментални резултати са циљем испитивања утицаја појединих параметара на понашање система.

Кључне речи: детекција лица, препознавање лица, алгоритам, систем.

1. Увод

Једни од озбиљнијих проблема у области рачунарског вида су детекција и препознавање људског лица на фотографијама као и директно преко видео извора. Одређивање где се тачно налази људско лице на слици је главни предуслов за одвијање сложенијих задатака као што су препознавање лица и прављење сложених 3Д анимација. На сликама се може наћи много објеката који нису људско лице (аутомобили, дрвеће, животиње, саобраћајни знакови, итд.) и из тог разлога је неопходно прво детектовати лице како би се касније то лице препознало.

Детекција лица је рачунарска технологија која се користи у разним апликацијама које идентификују људска лица на сликама. Такође се односи на психолошки процес којим људи проналазе лица у визуелном приказу. Алгоритми за детекцију лица се фокусирају на детекцију фронталног дела лица и обрадом одређених параметара дају одговарајуће резултате свога рада.

Препознавање лица представља технологију која треба да идентификује или верификује особу са слике или видео оквира из видео извора. Постоји више метода у којима раде системи за препознавање лица, али генерално, они раде упоређујући одабране карактеристике лица са дате слике са лицима унутар базе података. Технологија препознавања лица је заснована на биометријској вештачкој интелигенцији која може јединствено идентификовати особу анализом образаца заснованих на текстури и облику лица те особе. [1-2]

У 2. поглављу је описан развој система за аутоматску детекцију и препознавање лица кроз историју, док је већ у 3. поглављу то детаљније описано, за сваку технологију понаособ. Детаљнији опис алгоритама за детекцију и препознавање лица као и начин на који они функционишу у овом раду је описан у 4. поглављу, а резултати рада апликације за аутоматску детекцију и препознавање лица са експерименталним резултатима у 5. поглављу.

2. Развој система за аутоматску детекцију и препознавање лица кроз историју

Људи који су били пионири у области аутоматске детекције и препознавања лица су Вуди Бледшу, Хелен Чен Вулф и Чарлс Бисон. Током 1964. и 1965. године они су користећи рачунар покушавали да направе програм за детекцију људских лица. С обзиром на чињеницу да је њихов пројекат био финансиран од неименоване обавештајне агенције, само делић њиховог рада је био изнет у јавност. Овај пројекат је био окарактерисан као човек-машина јер је човек морао да екстрактује координате одређених делова лица са фотографије која су даље уношена у рачунар како би се вршила израчунавања.

Након што је Бледшу напустио пројекат 1966. године, овај посао је настављен на Истраживачком институту на Стенфорду, примарно од стране Питера Харта. У експериментима изведеним над базом података од преко 2000 фотографија, рачунар је константно надмашивао људе. Питер Харт се 1996. године с одушевљењем присећао пројекта уз коментар: "Стварно је радило!"

1997. године систем који су развили Кристоф фон дер Малзбург и студенти Универзитета у Бохуму у Немачкој и Универзитета Јужна Калифорнија у Сједињеним Америчким Државама надмашао је већину система као што су системи са Института технологије у Масачусетсу и Универзитета у Мериленду који је котиран као следећи. Систем Бохум је развијен и финансиран од стране истраживачке лабораторије војске Сједињених Америчких Држава. Софтвер је продаван и користили су га клијенти као што су Дојче банка и оператори аеродрома као и са других локација. Такође, софтвер је био довољно робустан да је могао и да идентификује лица и са слика које нису биле савршене. Често је могао да идентификује лице кроз различите препреке као што су бркови, браде, измењене фризуре и наочаре - чак и наочаре за сунце.

У 2006. години перформансе најновијих алгоритама за детекцију и препознавање лица оцењени су у *Face Recognition Grand Challenge (FRGC)*. У тестовима су коришћене слике лица високе резолуције као и тродимензионално скенирана лица. Резултати су показали да су нови алгоритми 100 пута тачнији од оних из 1997. Неки од алгоритама су могли да надмаше чак и људске учеснике у препознавању лица и могли су да јединствено идентификују идентичне близанце.

Америчка влада је финансирала евалуације и изазовне проблеме чија су решења помогла покретање два реда величине у раду система детекције и препознавања лица. Од 1993. године стопа грешака у системима аутоматске детекције и препознавања лица смањила се за фактор 272. Смањење се односило на системе који одговарају људима са сликама лица снимљеним у студијским или другим окружењима. Према Муровом закону, стопа грешака се смањује за половину на сваке две године.

Виола-Џоунс (*Viola-Jones Object Detection Framework*) фрејмворк за детектовање објеката је алгоритам који је коришћен за детекцију лица у овом раду. Истраживачи Пол

Виола и Мајкл Цоунс су почетком XXI века објавили рад [3] у којем су изложили алгоритам за детекцију објеката који омогућава брзу обраду и прецизне резултате у реалном времену.

Алгоритам није превише хардверски захтеван и зато је један од првих који се користио за детекцију објеката на слабијим уређајима као што су видео-камере, фотоапарати и телефони. Може се користити за решавање различитих проблема, али је главна примена за детектовање лица.

За компанију и друштвену мрежу Фејсбук се може рећи да данас има један од најбољих система за аутоматску детекцију и препознавање лица. Фејсбук има јако велики број фотографија људи са њиховим именима. Ово представља базу података коју владе могу злоупотребити у сврху препознавања лица. Фејсбуков *DeepFace* алгоритам постао је предмет неколико класних тужби по Закону о приватности биометријских информација, са тврдњама да Фејсбук прикупља и чува податке о препознавању лица својих корисника без добијања њиховог пристанка, што директно крши Закон о приватности биометријских података. Најновији случај је одбачен у јануару 2016. јер је суду недостајала надлежност.

DeepFace је систем учења за препознавање лица креиран од стране истраживачке групе из компаније Фејсбук. У дигиталним сликама идентификује људска лица. Користи деветослојну неуронску мрежу са преко 120 милиона тежина везе, организовану у виду сијамске мреже и обучена је на четири милиона слика које су на Фејсбук поставили корисници. Истраживачки тим Фејсбука изјавио је да метода *DeepFace* достиже тачност од 97,35% у поређењу са 85% за *FBI*-јев систем.

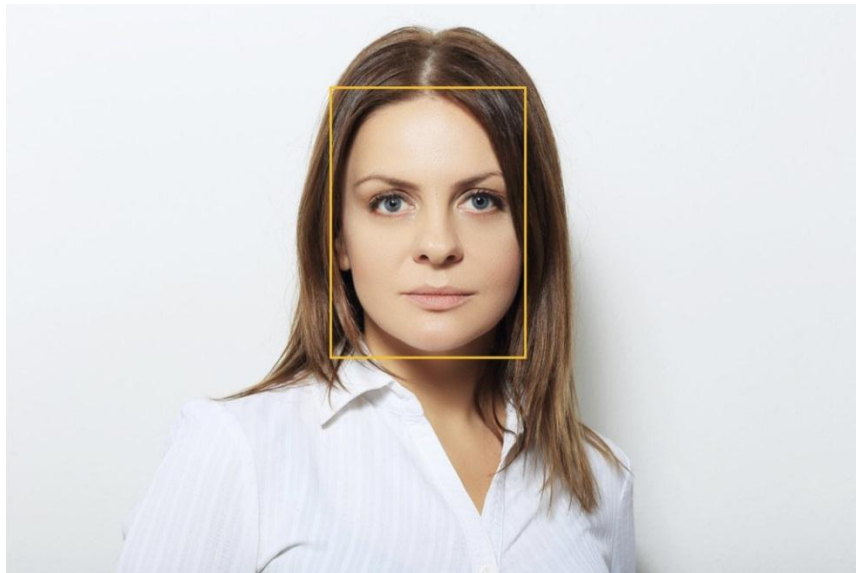
У децембру 2017. Фејсбук је увео нову функцију која обавештава корисника када неко дода фотографију која укључује оно што Фејсбук мисли да је лице те особе, чак и ако та особа није означена на слици.

3. Технологије детекције и препознавања лица

3.1 Технологија детекције лица

Детекција лица представља могућност система да детектује лице на слици или преко видео извора. Може се посматрати као посебан случај детекције класе објеката. У детекцији класе објеката задатак је пронаћи локације и величине свих објеката на слици који припадају датој класи.

Алгоритми за детекцију лица се фокусирају на детекцију фронталних делова људских лица. Прво, регије људског ока откривају се тестирањем свих подручја на слици сиве боје. Тада се генетски алгоритам користи за генерисање свих могућих регија лица које укључују обрве, нос и уста.

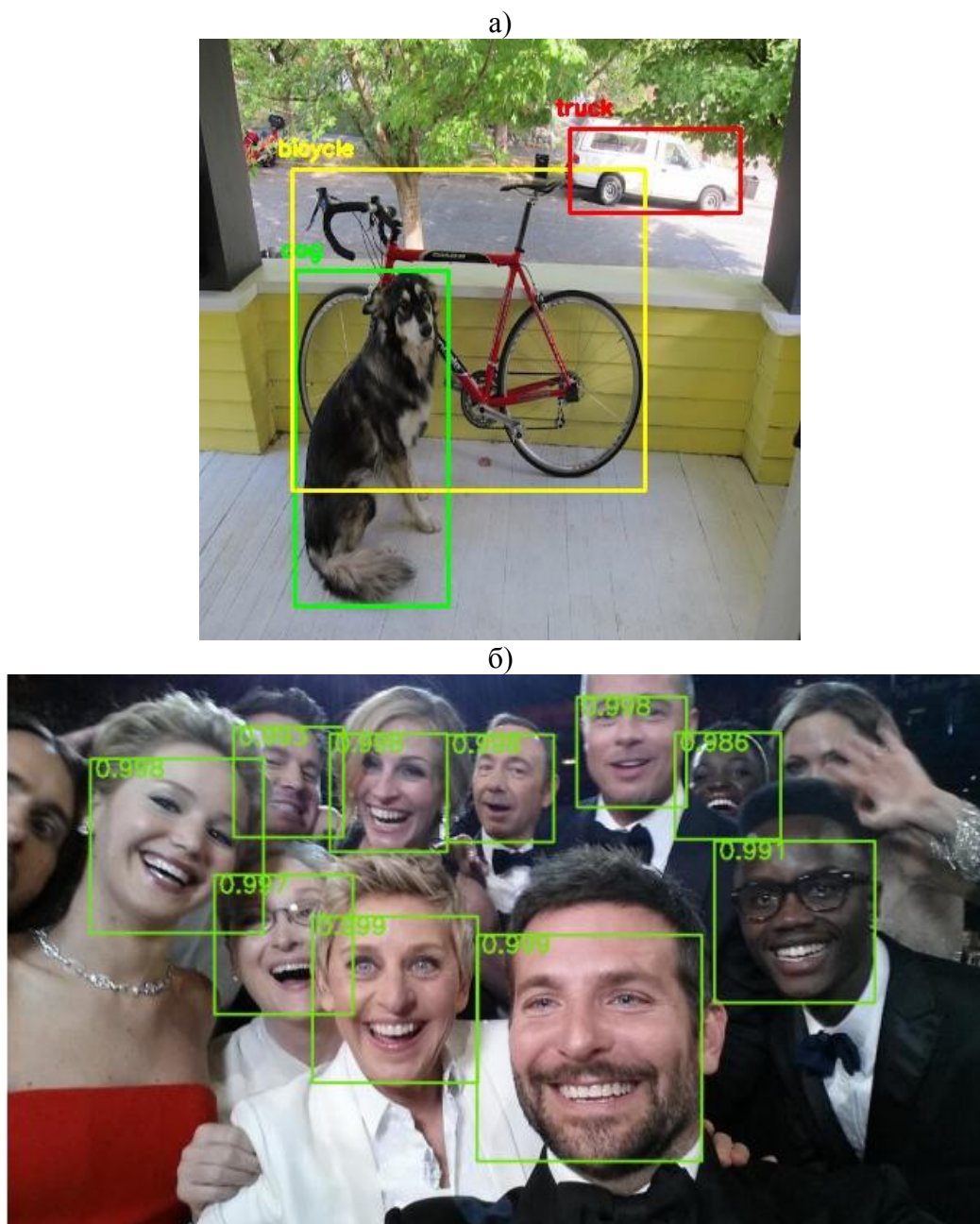


Слика 1. Детекција лица на слици

Сваки могући кандидат за лице је нормализован како би се смањио ефекат осветљења, који настаје због неравномерног осветљења као и ефекат стезања, који је последица покрета главе, а који настаје померањем положаја главе приликом процеса детекције и препознавања лица. У овој фази се мери симетрија лица и проверава се постојање различитих црта лица за сваког кандидата чије лице треба да се детектује. Како би се лице успешно детектовало, потребно је да буде приказан фронтални део лица како би се лепо уочили сви делови лица.

Технологије за детекцију лица налазе примену у многим делатностима као што су фотографске делатности, оне делатности везане за безбедност, у саобраћајним делатностима као и у природним и рачунарским наукама. Користе се за снимање покрета лица што може помоћи психолозима приликом анализе одређених типова личности. Такође, могу се користити за читање са усана што при обради видео снимака може помоћи

истражитељима који раде на одређеном задатку. Оно што је такође значајно, јесте то да се алгоритми за детекцију лица могу модификовати тако да се унапреде како би детектовали неке друге објекте и неке друге класе објеката. То је омогућено коришћењем одређених библиотека *OpenCV*-ја, који представља софтверску библиотеку која омогућава рад са рачунарским видом и машинским учењем, која у себи већ има уграђене параметре за дефинисање одређених објеката. Тако се на слици 2а) може видети да је извршено препознавање пса, камионета и бицикле истовремено, док се на слици 2б) види резултат детекције већег броја лица на истој слици.



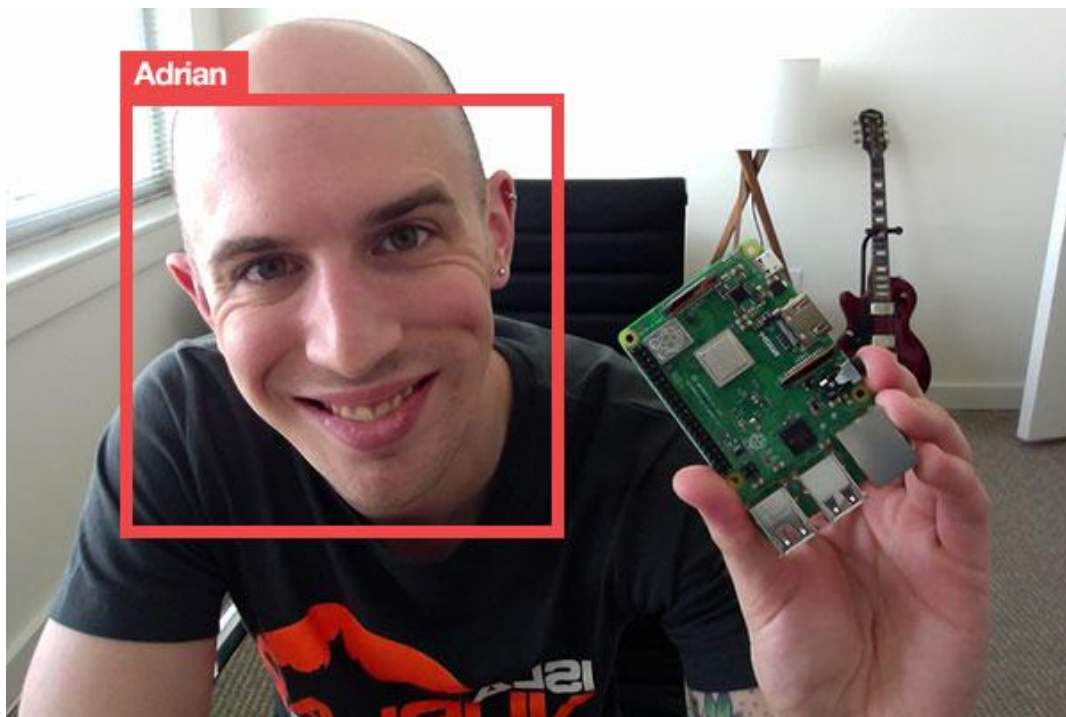
Слика 2. Детекција различитих објеката

3.2 Технологија препознавања лица

Систем препознавања лица је технологија која је способна да идентификује или верификује особу са дигиталне слике или видео оквира из видео извора.

Иако је у почетку систем имао облик рачунарске апликације, у последње време је имао широку употребу на мобилним платформама и у другим облицима технологије, као што је роботика. Обично се користи као контрола приступа у безбедносним системима и може се упоредити са другим биометријским подацима као што су системи за препознавање отиска прста или очију. Иако је тачност система препознавања лица као биометријске технологије нижа од препознавања зенице и препознавања отисака прстију, широко је усвојен због свог бесконтактнoг и неинвазивног процеса.

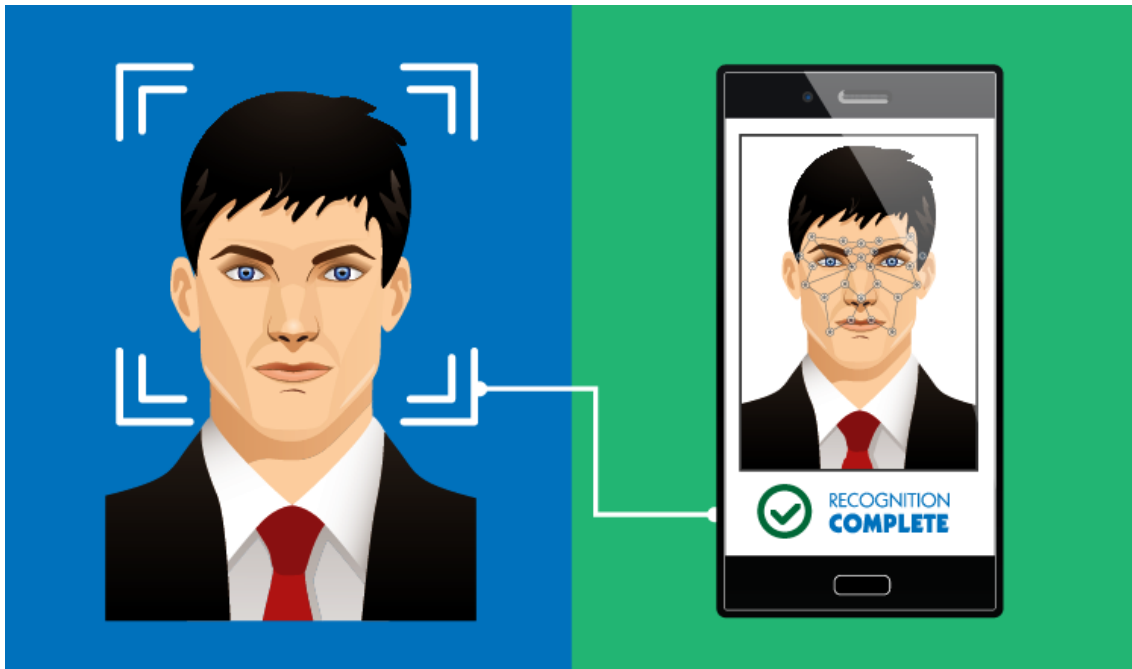
У последње време, систем препознавања лица је такође популаран као комерцијално средство за идентификацију и маркетинг јер омогућава паметним уређајима да пуштају одговарајуће рекламе на својим платформама које користе мушкарци и жене различитог доба јер када систем детектује који је пол особе која користи уређај, приказаше рекламе које су приклоњеније том полу. Остале апликације укључују напредну интеракцију између човека и рачунара, видео надзор, аутоматско индексирање слика и видео базу података, између осталог.



Слика 3. Препознавање лица на слици

Данас, технологија препознавања лица има широку примену, а највећу у области рачунара и мобилних телефона. Паметни уређаји се могу обезбедити системом за препознавање лица и то је постала уобичајена пракса закључавања мобилних телефона корисника. Такође, многе компаније користе овакве системе како би пратиле рад и

присуство својих запослених и водиле евиденцију о томе. Полиција и многе безбедносно-информативне агенције користе системе за препознавање лица како би им то омогућило лакше праћење и хапшење безбедносно-интересантних лица.



Слика 4. Технологија откључавања мобилног телефона коришћењем препознавања лица

4. Апликација за детекцију и препознавање лица

Апликација која је резултат овог дипломског рада функционише тако што се у програм учита постојећа слика из рачунара или се преко видео извора (камере на рачунару) фотографише лице особе па се у следећем кораку детектује и препознаје лице на фотографији. Све то је омогућено коришћењем *OpenCV* библиотеке и *Python* програмског језика.

С обзиром да се у овом програму користе слике, неопходно је прво објаснити шта чини слику и где се складиште информације о слици. Најмањи елемент слике се назива пиксел и представља једну тачку слике. Пиксели фотографије су распоређени у редове и колоне, а њихов број представља њену резолуцију. Пиксели слика у боји су представљењи *RGB* моделом (*Red Green Blue*). Сваки пиксел је комбинација те три боје и дефинисан је са три броја, који одговарају количини црвене, зелене и плаве боје садржане у тој тачки. Један пиксел црно-беле фотографије је представљен једним бројем (који представља вредност пиксела), а који изражава осветљеност и тиме нијансира опсег између црне и беле боје.

157	153	174	168	150
155	182	163	74	75
180	180	50	14	34
206	109	5	124	131
194	68	137	251	237

Слика 5. Матрица 5x5 са пикселима у којима су вредности осветљености црно-беле фотографије

Свака слика садржи информације у форми одлика. Једна одлика може бити само један пиксел, али може бити објекат или ивица између два објекта на слици. Више одлика се може спојити у сложене одлике. Рад са сликом у ствари представља рад са одликама, а коришћење постојећих и изведених одлика се користи за разне примене у области обраде слике и препознавања објеката.

Сума пиксела одређеног региона слике се добија тако што се вредности пиксела горње-леве и доње-десне ивице региона саберу, а затим се од њих одузме збир вредности пиксела горње-десне и доње-леве ивице. [4]

За рад ове апликације су коришћена два алгоритма:

- алгоритам за детекцију лица
- алгоритам за препознавање лица

4.1 Алгоритам за детекцију лица

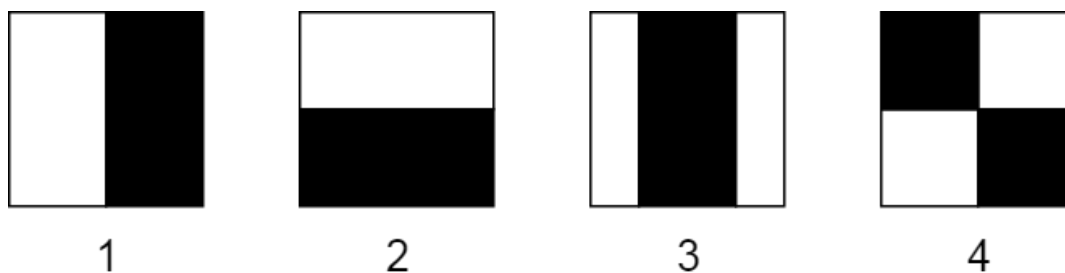
Алгоритам који је коришћен за детекцију лица у овом раду је Виола-Џоунс алгоритам који има четири корака:

1. Означавање Хар одлика
2. Прављење интегралне слике
3. Покретање *AdaBoost* тренинга
4. Прављење каскада класификатора

Када се покрене, алгоритам тражи мање подрегионе слике и покушава да нађе лице тако што тражи одређене одлике у сваком подрегиону. На слици се може наћи мноштво објеката различитих величина и позиција, па зато алгоритам мора направити много узастопних корака у циљу откривања сваког објекта на фотографији.

4.1.1 Хар одлике (*Haar-like features*)

Свако људско лице је мање или више различито, али се за свако лице могу одредити основне заједничке одлике. На пример део лица око очију је тамнији од оног дела испод очију тј. дела око носа. Алгоритам користи ове разлике у осветљењу да би утврдио да ли је на фотографији лице или не. Најлакши начин одређивања који део лица је светлији је сумирање вредности пиксела у два региона и потом упоређивање сумираних вредности. Сума пиксела у тамнијем региону је мања од суме пиксела у светлијем. Хар одлика се односи на узимање правоугаоног исечка из слике и његово дељење на више делова у виду суседних црних и белих правоугаоника. [3]



Слика 6. Четири основна типа Хар одлика

Одлике са два суседна правоугаоника су добре за препознавање ивица, три правоугаоника су корисна за препознавање линија, а четири правоугаоника за препознавање дијагоналних одлика. Вредност одлике представља разлику сума пиксела у црној и белој области. За једнобојне делове фотографије, без много објеката (промена), овај број би био низак и не би био од значаја. Када Хар одлика врати велики број, она указује на то да су области у црним и белим правоугаоникима веома различите. За

детекцију људског лица се користе одлике за које је установљено да дају најбоље резултате.



Слика 7. Хоризонтална одлика са два правоугаоника

Део лица око очију је тамнији од региона који се налази испод и може се посматрати као битан гранични регион, односно одлика која враћа велики број.



Слика 8. Вертикална одлика са два правоугаоника

Регион око носа је још један типични прелаз који враћа велики број, а уз претходно одређену хоризонталну границу, сигурност детектовања лица се многоструко повећава. Виола-Џоунс алгоритам рачуна велики број одлика у много подрегиона слике. Овакав приступ је рачунарски веома захтеван, па алгоритам добија потребно убрзање коришћењем интегралних слика.

4.1.2 Интегралне слике

Интегрална слика или табела сабраних области се користи за брзо и ефикасно рачунање збира вредности пиксела слике или њеног правоугаоног исечка. Вредност сваке тачке је сума свих пиксела изнад и лево од ње, укључујући и посматрани пиксел.

1	3	7	5
12	4	8	2
0	14	16	9
5	11	6	10

1	4	11	16
13	20	35	42
13	34	65	81
18	50	87	113

$$1 + 3 + 7 + 12 + 4 + 8 + 0 + 14 + 16 = 65$$

Слика 9. Интегрална слика

Предност ове структуре лежи у брзини израчунавања: довољан је један пролаз кроз вредности пиксела слике (или њеног исечка). Ово смањује сабирање вредности пиксела у правоугаонику у само три операције са четири броја, без обзира на величину правоугаоника.

1	4	11	16
13	20	35	42
13	34	65	81
18	50	87	113

$$ABCD = ?$$

Слика 10. Потребно је израчунати збир вредности плавог квадрата

Помоћу формуле $D - C - B + A$ се рачуна укупна вредност пиксела назначеног квадрата.
[4]

1	4	11	16
13	20	35	42
13	34	65	81
18	50	87	113

D = 113

1	4	11	16
13	20	35	42
13	34	65	81
18	50	87	113

C = 50

1	4	11	16
13	20	35	42
13	34	65	81
18	50	87	113

B = 42

1	4	11	16
13	20	35	42
13	34	65	81
18	50	87	113

A = 20

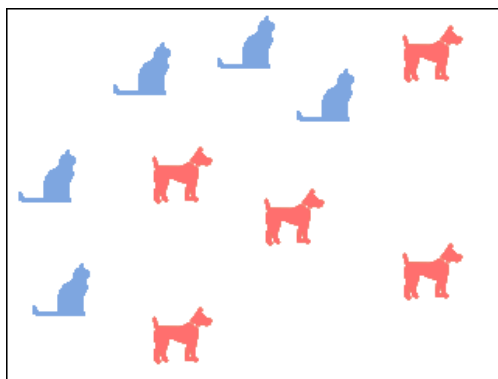
$$113 - 50 - 42 + 20 = 41$$

Слика 11. Рачунање збира корак по корак

Следећи корак у раду је избор одлика и њихових величина. Ово се решава алгоритмом из области машинског учења који се назива бустинг (*boosting*), конкретно *AdaBoost* (скраћено од *Adaptive Boosting*).

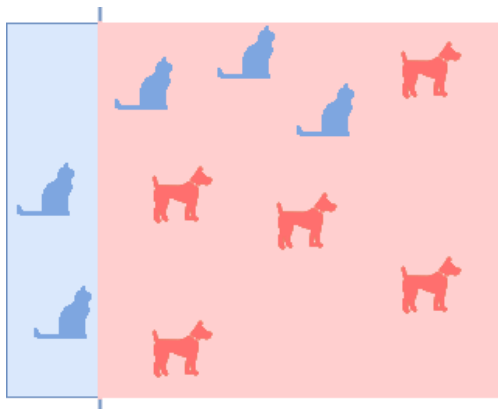
4.1.3 AdaBoost

Бустинг функционише на принципу стварања јаког класификатора од више слабих класификатора. Слаб класификатор је дефинисан као онај који је мало бољи од насумичног поготка ($>50\%$). Јак класификатор је знатно бољи. Свака Хар одлика представља слаб класификатор, а да би се изабрали њен тип и величина који ће се користити код коначног јаког, *AdaBoost* проверава учинак свих класификатора од којих је састављен. Учинак класификатора се одређује тако што се он процењује на свим подрегионима свих слика које се користе за тренирање. Подрегиони могу произвести јак или слаб одзив. Одзив је број који представља разлику између црног и белог дела у оквиру правоугаоника региона и што је тај број већи, одзив је већи. Неки подрегиони ће произвести јак одзив код класификатора и они ће бити означени као позитивни, што значи да класификатор претпоставља да се у њима налази људско лице. Подрегиони који не враћају јак одзив, не садрже људско лице и биће класификовани као негативни. Снага класификатора се мери његовом тежином. Алгоритам је назван прилагодљивим (*Adaptive*), јер како тренирање напредује, већи значај се придаје оним сликама које су погрешно класификоване. Слабим класификаторима који имају боље резултате (веће тежине) код тежих примера је дата већа важност него осталима. [5]



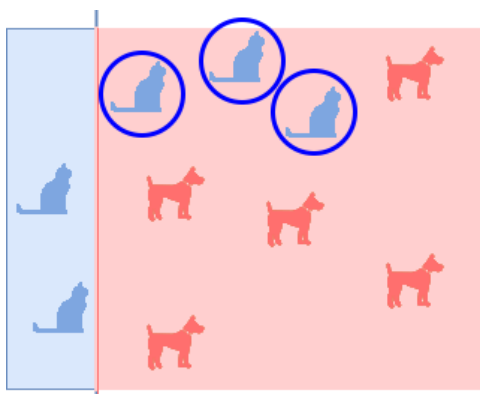
Слика 12. Треба раздвојити јединке у две различите категорије

У датом примеру (слика 12) треба разликовати мачке (плаве боје) и псе (црвене боје). На слици 13 је приказана употреба слабог класификатора.



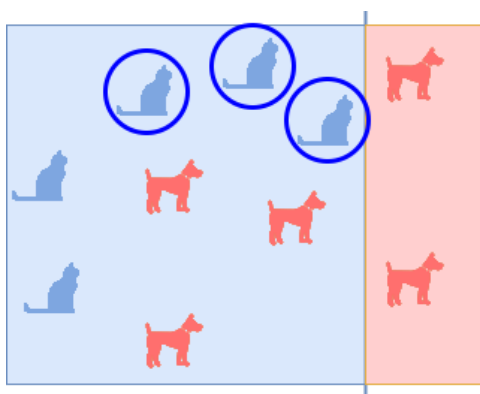
Слика 13. Први слаби класификатор тачно препознаје две мачке

Први класификатор издваја тачно неке од мачака, али не све. Мачкама које су остале иза границе се у следећем кораку придаје већа важност.



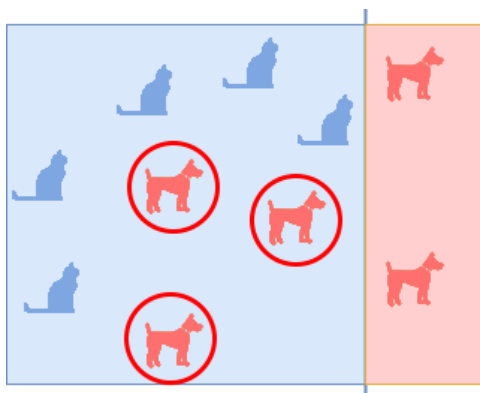
Слика 14. Остатак мачака добија на значају (заокружене на слици)

Класификатор који успе да класификује остатак мачака тачно имаће већу тежину, што ће подићи његову шансу да буде изабран за део коначног, јаког класификатора.



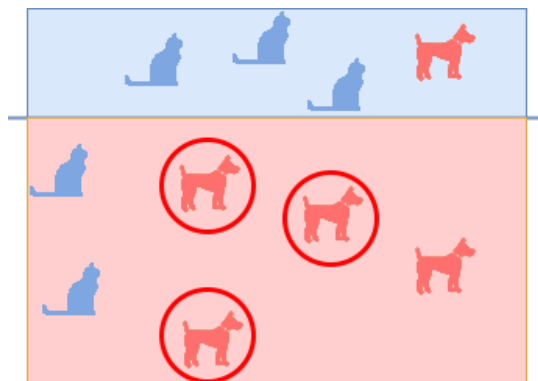
Слика 15. Наредни класификатор правилно препознаје остатак мачака

Класификатор са претходне слике је успео да обухвати све мачке, али је са њима погрешно обухваћено и пар паса. Пси који су остали иза границе добијају на значају при даљем одлучивању и избору класификатора.



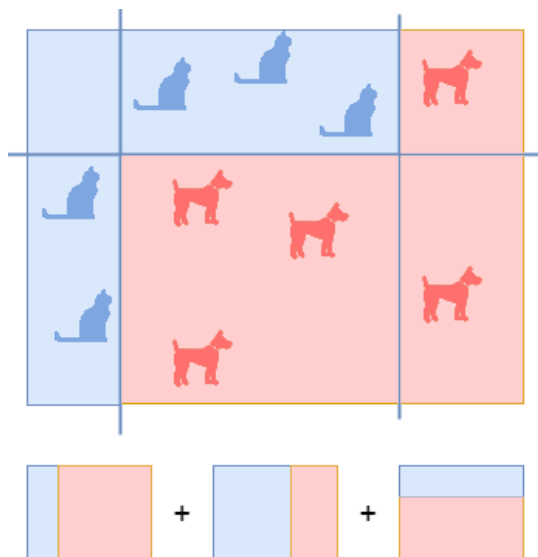
Слика 16. Остатак паса добија на значају

Последњи класификатор успева да открије преостале псе тачно.



Слика 17. Трећи класификатор препознаје остатак паса

Снажан класификатор се прави од претходна три, и њихове границе се спајају у један који јасно раздваја све псе и мачке.

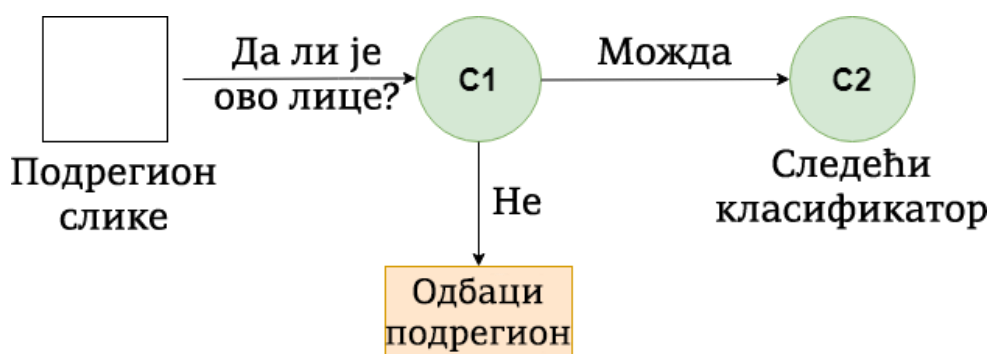


Слика 18. Последњи јаки класификатор спаја претходне слабе

Сличан поступак је примењен за израду стотине хиљада класификатора коришћених за налажење људских лица на сликама. Рачунарски је веома захтевно користити толики број класификатора на сваком региону сваке слике, па је осмишљена каскада класификатора.

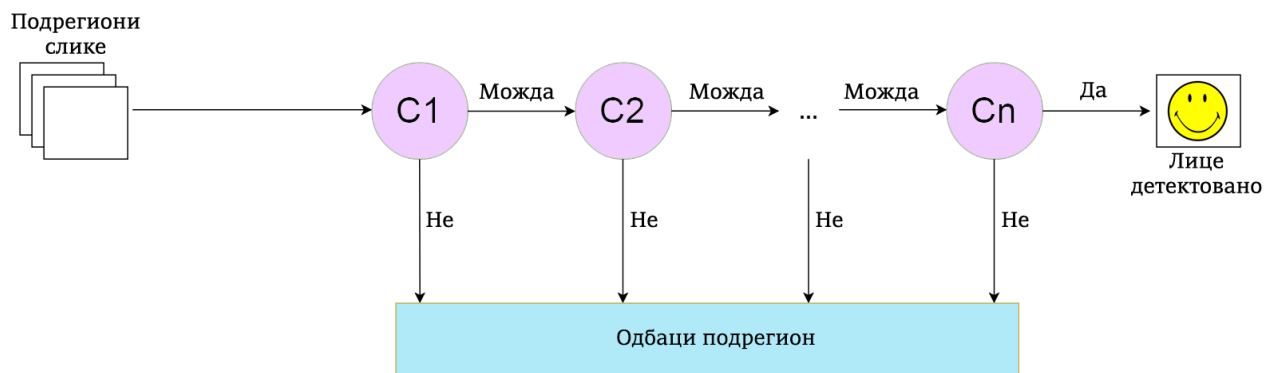
4.1.4 Каскада класификатора (Cascading Classifiers)

Каскада класификатора представља низ водопада кроз који класификатори надолазе један за другим. У овом случају је то један процес разбијен на мноштво мањих који произилазе један из другог. Главни проблем је смањити број израчунавања за сваку слику у циљу скраћења времена рада. За решавање проблема, јаки класификатори (који се састоје од хиљада слабих) се представљају као каскада слабих класификатора. Каскада треба да брзо одбаци оно што није лице и уштеди време његовог тражења. Када подрегион слике уђе у каскаду, процењује се у њеној првој фази (први слаби класификатор). Ако га та фаза оцени као позитиван тј. да мисли да је лице, излаз из фазе је “можда”. Ако је подрегион оцењен са “можда”, шаље се следећој фази. Ако је и ту означен са “можда”, шаље се следећој фази. [6]



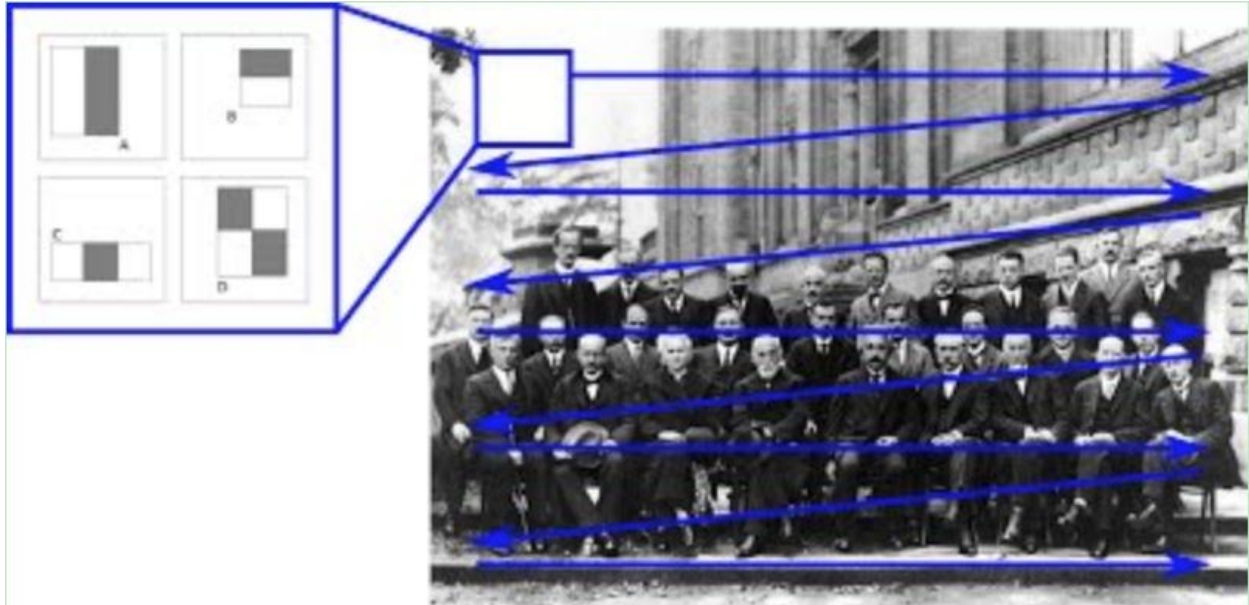
Слика 19. Слаби класификатор као део каскаде

Поступак се понавља док подрегион не прође кроз све фазе каскаде. Ако сви класификатори означе позитивно слику, коначно је класификована као људско лице и представља се кориснику као детекција. Ако прва фаза да негативан резултат, онда је подрегион одмах одбачен и штеди се време које би даље било непотребно трошено. Ако прође прву фазу, али не и другу, одбацује се. Подрегион може бити одбачен у било којој фази класификатора.



Слика 20. Каскада n класификатора

Процес свеукупно штеди доста времена одбацујући регионе у којима није лице. Сваки класификатор представља неку одлику људског лица и зато је потребно да сви класификатори дају позитивну оцену, иначе се подрегион одбацује. Да би се ово успешно постигло, битно је поставити најбоље класификаторе на почетку каскаде.



Слика 21. Начин функционисања алгоритма

4.2 Алгоритам за препознавање лица

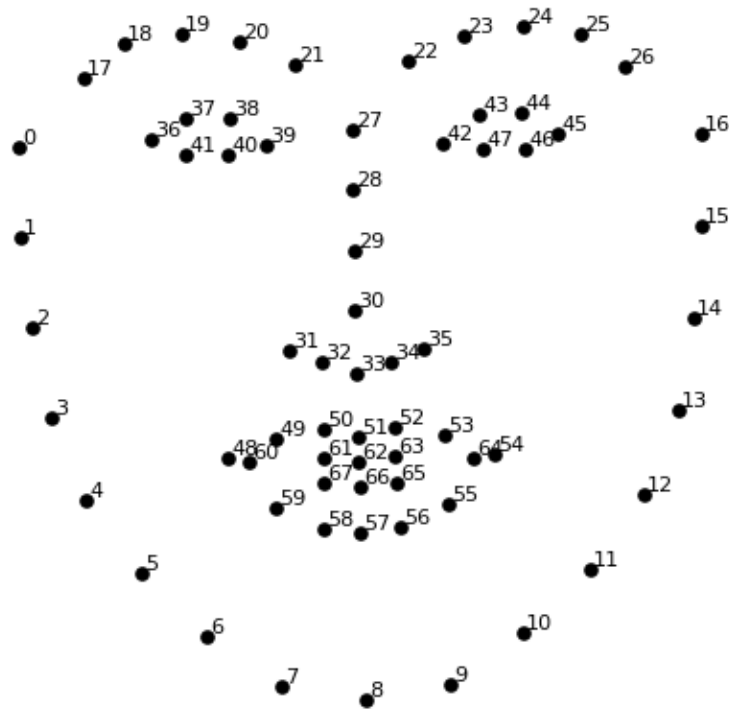
Да би се препознало лице на слици, користе се алгоритми машинског учења. Сваки алгоритам машинског учења узима скуп података као улаз и из тих података учи. Алгоритам пролази кроз податке и идентификује обрасце у подацима. На пример, претпоставимо да желимо да идентификујемо чије је лице присутно на датој слици, постоји неколико ствари које можемо да посматрамо као узорак:

- висина / ширина лица
- висина и ширина можда нису поуздани јер се слика може преместити на мање лице, међутим, чак и након поновног померања однос висине лица и ширине лица се неће мењати
- боја лица
- ширина осталих делова лица попут усана, носа итд.

Јасно је да овде постоји образац - различита лица имају различите димензије попут горе поменутих. Слична лица имају сличне димензије. Тежи део је претворити одређено лице у бројеве - алгоритми машинског учења разумеју само бројеве. Овај нумерички приказ лица (или елемената у сету за тренирање) назива се вектором карактеристика. Вектор карактеристика садржи различите бројеве у одређеном редоследу. [7]

Као једноставан пример, можемо мапирати лице у вектор карактеристика који може садржати различите карактеристике [8] као што су:

- висина лица (cm)
- ширина лица (cm)
- просечна боја лица (R, G, B)
- ширина усана (cm)
- висина носа (cm)



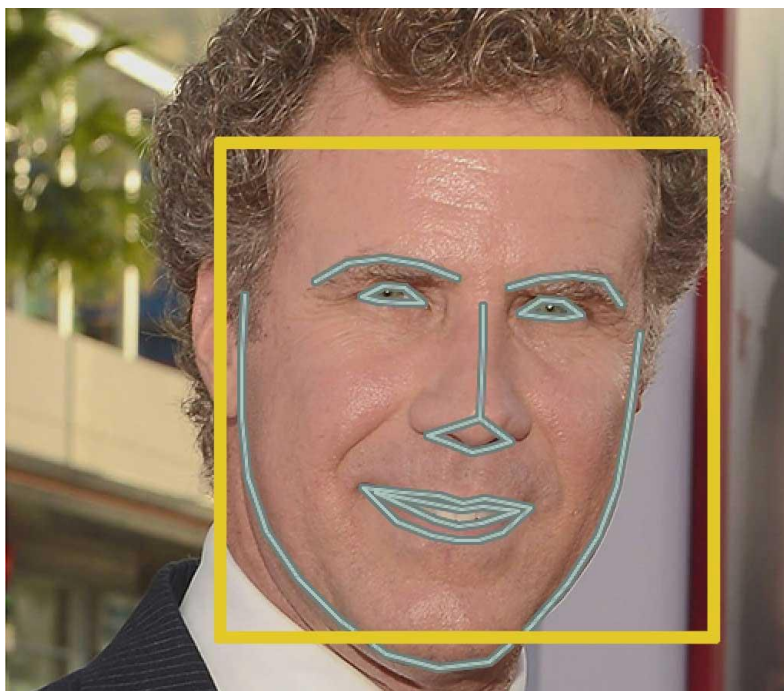
Слика 22. Кључне тачке лица

У основи, с обзиром на слику, можемо пресликати разне карактеристике и претворити је у вектор карактеристика попут, на пример:

- висина лица (cm) – 23.1
- ширина лица (cm) – 15.8
- просечна боја лица (R, G, B) – (255, 224, 189)
- ширина усана (cm) – 5.2
- висина носа (cm) – 4.4

Дакле, наша слика је сада вектор који би могао бити представљен као (23.1, 15.8, 255, 224, 189, 5.2, 4.4). Наравно да може бити безброј других карактеристика које би могле произаћи из слике (на пример, боја косе, коса на лицу, наочаре, итд.). Међутим, размотримо управо ових 5 једноставних функција.

Сада, када смо кодирали сваку слику у вектор карактеристика, проблем постаје много једноставнији. Јасно је да када имамо 2 лица (слике) које представљају исту особу, изведени вектор карактеристика биће прилично сличан. Другим речима, удаљеност између два карактеристична вектора биће прилично мала.



Слика 23. Лоцирање кључних карактеристика лица на слици

Овде нам машинско учење може помоћи за две ствари:

1. Извођење вектора карактеристика: тешко је ручно набројати све карактеристике, јер их има доста. Алгоритам машинског учења може интелигентно обележити многе такве карактеристике. На пример, сложене карактеристике могу бити: однос висине носа и ширине чела. Сада ће човеку бити прилично тешко да наброји све такве карактеристике „другог реда“.
2. Усклађивање алгоритама: након што су добијени вектори карактеристика, алгоритам машинског учења мора ускладити нову слику са скупом вектора карактеристика већ присутних.

За рачунар је тежак задатак да препозна особу на слици. То је због чињенице да је за људе лако комбиновање доста карактеристика на слици како би се препознала особа која се налази на слици. Међутим, за рачунар није једноставно да научи како да препозна лица.

Постоји једноставна библиотека у *Python*-у која обједињује све оно што је претходно објашњено - креирање вектора карактеристика лица и како да се разликују лица. Ова библиотека у *Python*-у се назива *face_recognition* [9] и дубоко у себи користи

dlib [10] - модеран сет алата *C++* програмског језика који садржи неколико алгоритама машинског учења који помажу у писању софистицираних апликација заснованих на *C++* програмском језику.

face_recognition библиотека у *Python*-у може да изврши велики број задатака, као на пример:

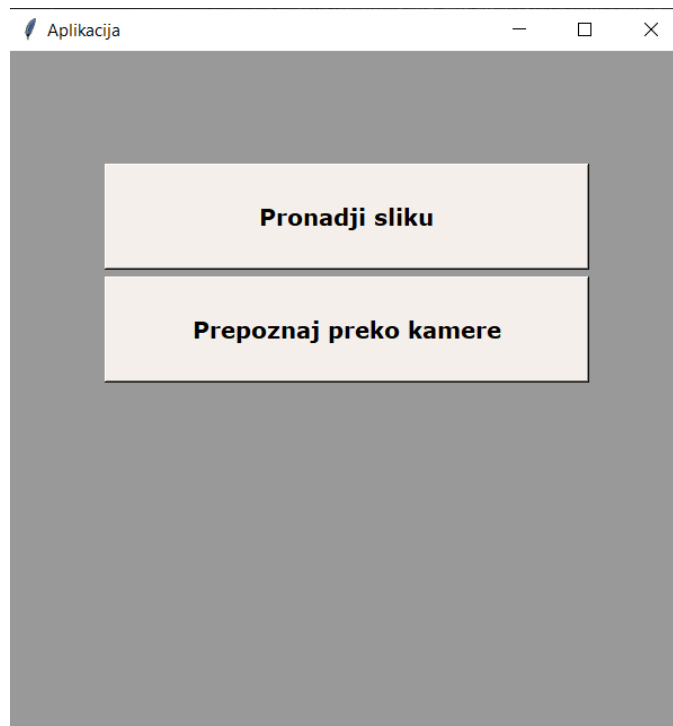
1. проналажење свих лица на датој слици
2. проналажење и манипулација цртама лица на слици
3. препознавање лица на слици
4. препознавање лица у реалном времену

У овом раду је коришћена 3. карактеристика поменуте библиотеке - препознавање лица на слици.

5. Резултати рада апликације за аутоматску детекцију и препознавање лица

Циљ овог дипломског рада било је креирање апликације за детекцију и препознавање лица коришћењем библиотека програмског језика *Python* као и библиотека *OpenCV*, софтверског пакета који служи за рад са сликама приликом програмирања одређених софтверских решења.

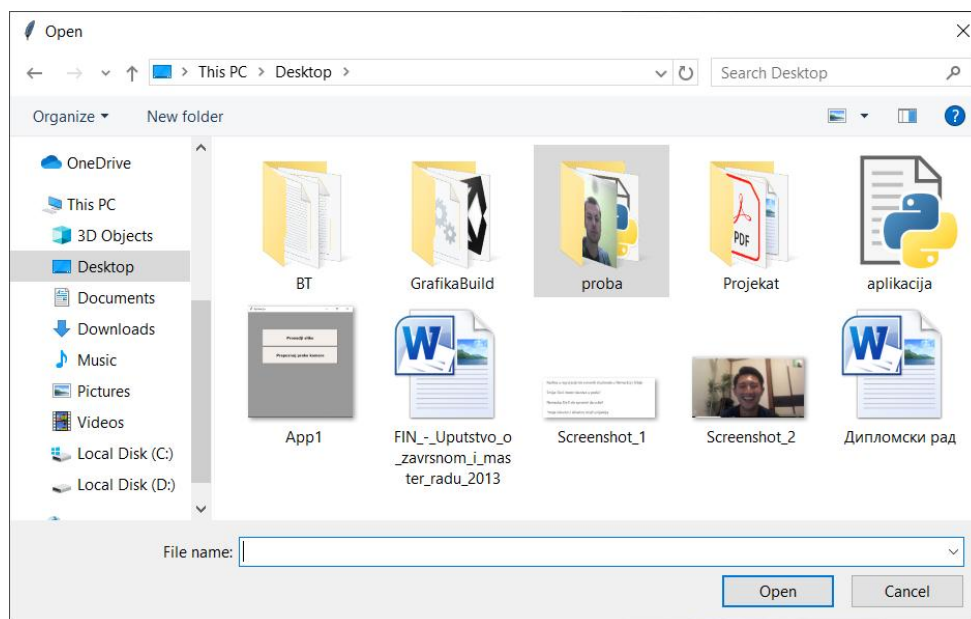
Када се апликација покрене, приказује се почетни екран приказан на слици 24.



Слика 24. Почетни екран апликације

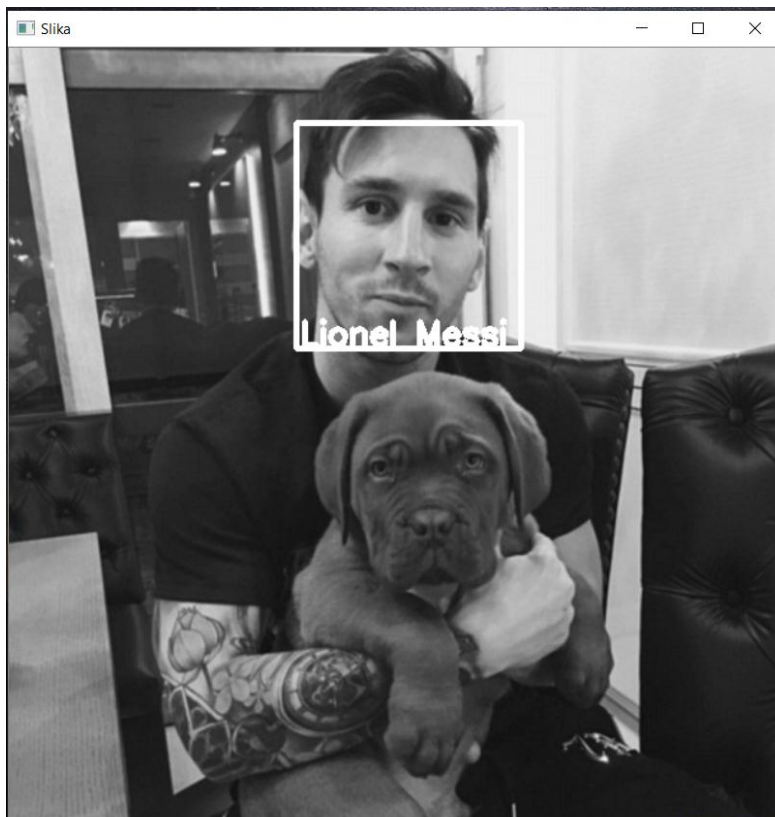
Треба напоменути да се у фолдеру под називом *Baza slika* који се налази у рачунару (на локацији *C:\Users\Filip\Desktop\Diplomski\Baza slika*) налазе слике које представљају базу података, а на којима се налазе одређене особе. Назив сваке слике представља име и презиме особе која се налази на слици (нпр: Петар Петровић). Када се слика одређене особе уноси у базу, неопходно је да особа која уноси ту слику, као њен назив стави име и презиме особе са слике јер када програм препозна неку особу из базе, као карактеристичну информацију приказује назив слике са које је препозната особа тј. име и презиме те особе. Из те базе се претражују слике и упоређују се и траже одређене карактеристике како би се детектовала и препознала особа са жељене слике.

Кориснику апликације је омогућено да пронађе и учита слику која се налази у рачунару и да на тој слици детектује и препозна особу која се на њој налази. То је омогућено кликом на дугме *Pronadji sliku*. Тада се отвара прозор који кориснику омогућава да пронађе жељену слику (слика 25).



Слика 25. Прозор за тражење слике

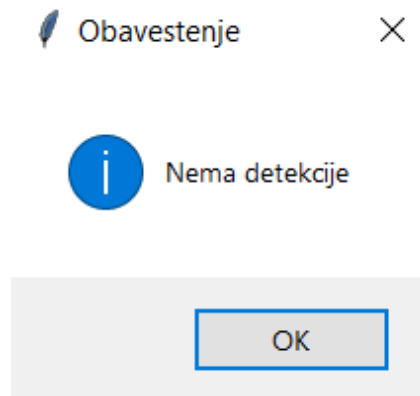
Када се слика изабере, потребно је сачекати пар секунди да се програм изврши и уколико је успешно пронађена особа из базе слика, поново ће се приказати унета слика са уоквиреним лицем, као и именом и презименом те особе која је препозната.



Слика 26. Успешна детекција и препознавање лица на слици

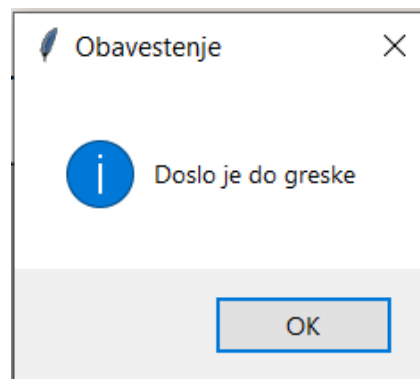
Треба напоменути да када се учита слика у боји, програм ће приказати црно-белу слику јер је током свог рада, алгоритам претвара у црно-белу како би могао успешно да примени своје функције.

Уколико нема детекције и препознавања особе са слике, појавиће се прозор приказан на слици 27.



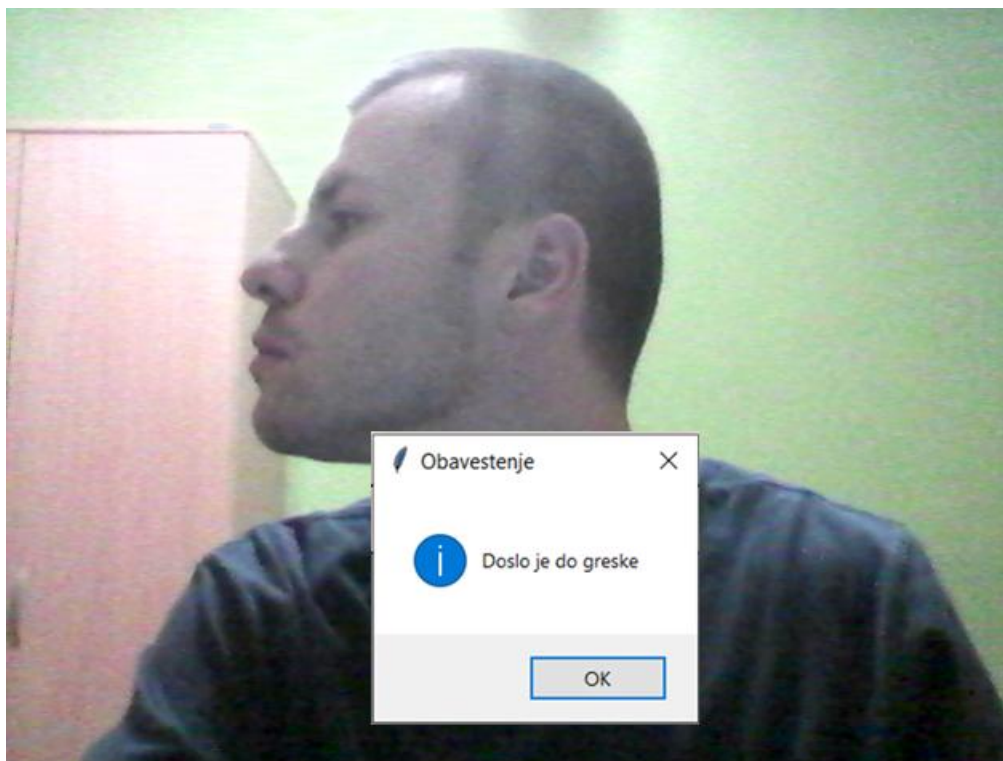
Слика 27. Обавештење које се појављује када нема детекције

Ако се којим случајем учита слика над којом није могуће извршити алгоритам детекције и препознавања (нема лица особе на слици или је слика јако лошег квалитета), појавиће се прозор који обавештава корисника да је дошло до грешке.

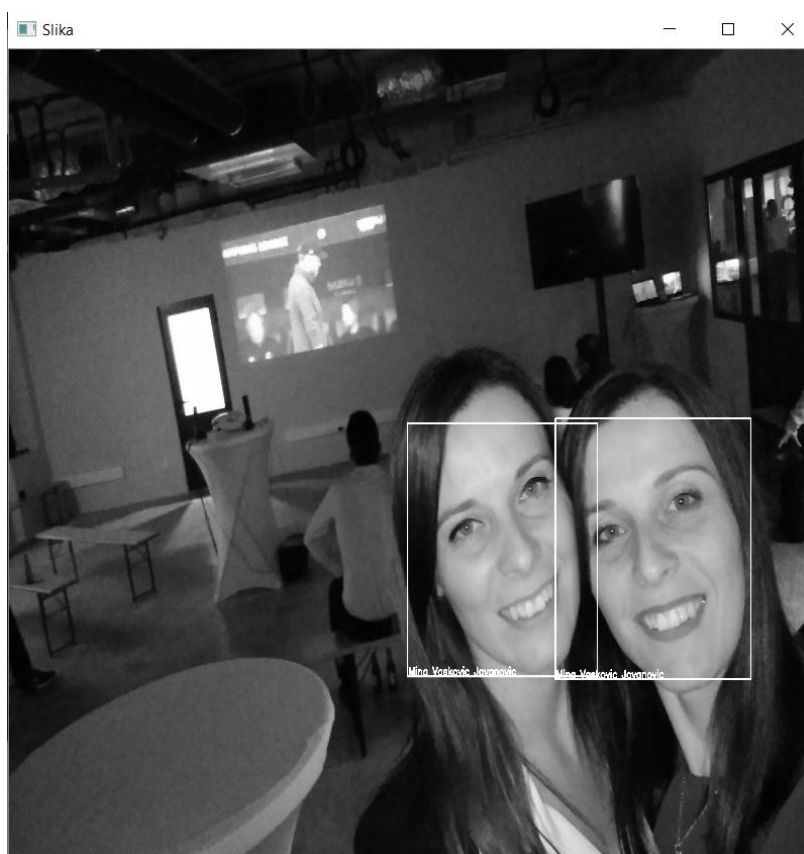


Слика 28. Обавештење које се појављује када дође до грешке

Такође, до појаве обавештења о грешци ће доћи уколико се учита слика особе чије лице није приказано фронтално (слика 29). Као што је раније напоменуто, коришћени алгоритми су успешни уколико је лице на фотографији фронтално оријентисано.

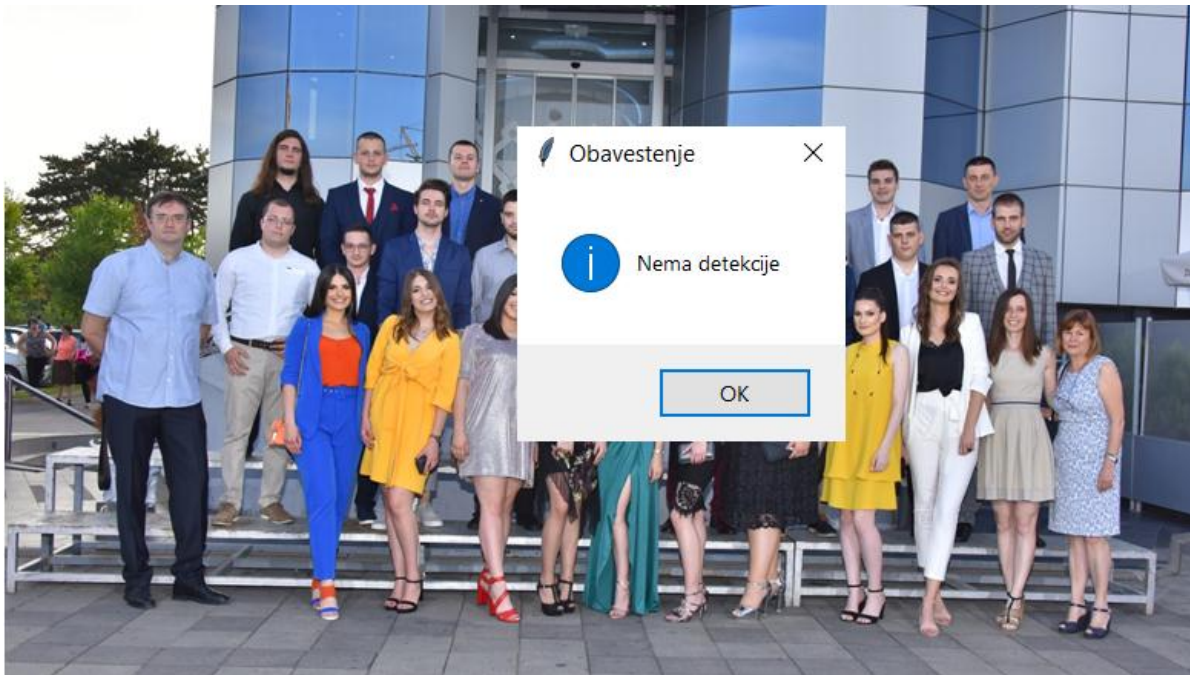


Слика 29. Лице приказано са стране



Слика 30. Препознавање близнакиња

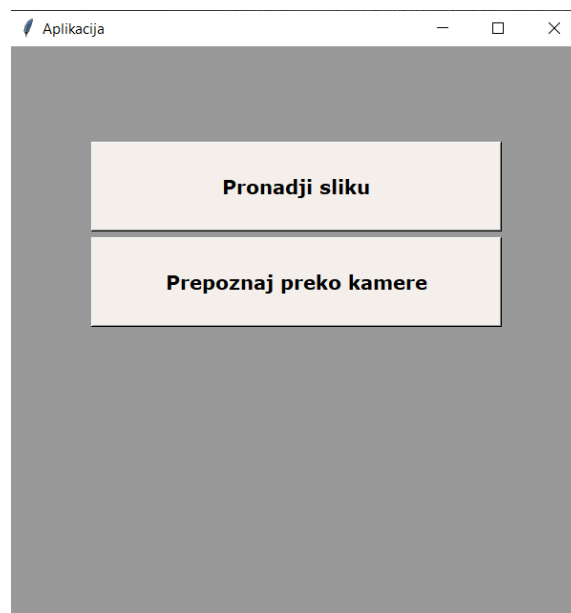
Коришћени алгоритам за препознавање лица неће лепо радити када се на слици налазе близнакиње јер су карактеристике њихових лица јако сличне (скоро исте) (слика 30).



Слика 31. Групна фотографија са великим бројем лица

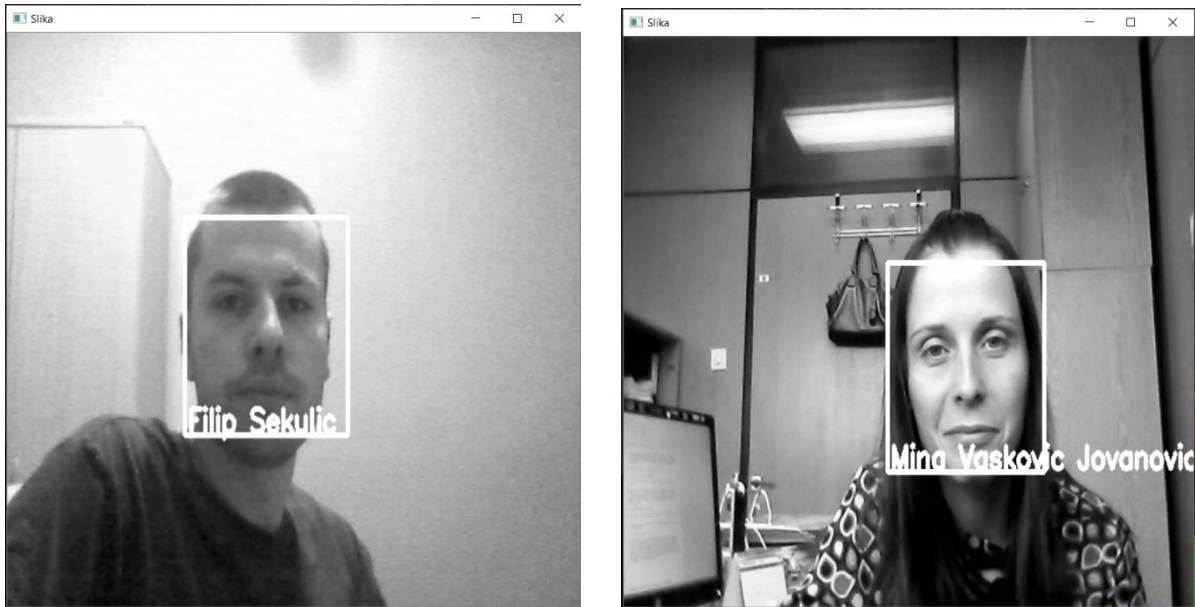
Такође, алгоритам за препознавање лица није могуће имплементирати на сликама на којима се налази већи број лица, а притом су и величине њихових лица јако мале.

Уколико корисник жели да препозна лице преко интерне камере рачунара, потребно је да кликне на дугме *Prepoznaj preko kamere*.



Слика 32. Почетни екран апликације

Тада ће се укључити интерна камера рачунара која ће усликати особу испред објектива, сачувати ту слику на рачунару чији ће назив бити датум и време када је дошло до фотографисања, у формату датум-време (нпр: 23092019-170555) и покушати да препозна особу са слике.



Слика 33. Успешна детекција и препознавање лица преко камере

До појаве обавештења у случају да нема детекције или у случају да је дошло до грешке ће доћи под истим условима који су већ наведени за случај учитавања слике из интерне меморије рачунара.

6. Закључак

У овом раду су представљени алгоритам за детекцију лица и алгоритам за препознавање лица који су обједињени у једну целину која успешно функционише захваљујући овим алгоритмима. С обзиром на чињеницу да ова два алгоритма функционишу независно у оквиру једне апликације, слободно се може рећи да су перформансе ове апликације јако добре.

Када се говори о системима за аутоматску детекцију и препознавање лица, може се рећи да је њихово постојање само по себи већ предност јер такви системи налазе широку примену у многим делатностима и наукама. Питање безбедности и приватности је одувек било значајно и самим тим примена оваквог система је јако битна за тако осетљиве теме. Безбедносне службе могу користити овакав систем у циљу проналажења особа на потерницама или осумњичених за кривична дела, а такође и за проналажење несталих особа. Овакви системи налазе своју примену и у вештачкој интелигенцији и роботници где се уз друге алгоритме могу применити приликом креирања сложенијих система.

Једна од мана оваквог система јесте то да би се лице детектовало и препознало, мора бити приказано фронтално, а то је у реалном времену тешко могуће ускладити са кретањем и померањем лица особе која се посматра, а којој претходно није ништа речено о примени овог система.

Креирана апликација је тестирана за случајеве када на фотографијама нема лица, када има лица која постоје већ у бази, када је на слици лице особе која не постоји у бази и када је више лица присутно. Могуће је проширити постојећу апликацију, за случај када неко лице не постоји у бази, да се кориснику да могућност да унесе податке (име и презиме) за лице које се на обрађиваној слици налази.

Препознавање лица неће бити успешно када се на слици налазе близнакиње јер су разлике у карактеристикама њихових лица јако мале, тако да ту постоји простор за унапређење алгоритма за препознавање лица који је коришћен у овом раду. Такође, унапређење је могуће за слике на којима се налази већи број лица, уз потребу за квалитетнијом сликом, да би се алгоритму проследио довољан број информација.

Како су овакви системи и алгоритми који се примењују у њима развијани одавно и још увек се развијају, простора за њихово унапређивање има на претек. Уз додатна и озбиљнија истраживања могуће је креирање нових модификација које би потенцијално побољшале перформансе оваквих система.

7. Литература

- [1] Degtyarev N., Seredin O. (2010) Comparative Testing of Face Detection Algorithms. In: Elmoataz A., Lezoray O., Nouboud F., Mamass D., Meunier J. (eds) Image and Signal Processing. ICISP 2010. Lecture Notes in Computer Science, vol 6134. Springer, Berlin, Heidelberg
- [2] Mahir Faik Karaaba, “Face recognition in low-resolution images under small sample conditions with face-part detection and alignment”, PhD thesis, University of Groningen, Netherlands, 2016.
- [3] P. Viola and M. Jones, "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features", Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. CVPR 2001, Kauai, HI, USA, 2001.
- [4] Summed-area table, https://en.wikipedia.org/wiki/Summed-area_table
- [5] Yoav Freund , Robert E. Schapire, “A Short Introduction to Boosting”, In Proceedings of the Sixteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence, 1999.
- [6] Train a Cascade Object Detector, <https://www.mathworks.com/help/vision/ug/train-a-cascade-object-detector.html>
- [7] Zanchettin, Cleber. Face recognition based on global and local features, Proceedings of the ACM Symposium on Applied Computing, 2014.
- [8] Sharif, Muhammad & Javed, Muhammad & Mohsin, Sajjad, Face Recognition Based on Facial Features, Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology. 4, 2012.
- [9] face_recognition package, https://face-recognition.readthedocs.io/en/latest/face_recognition.html
- [10] Davis E. King, “Dlib-ml: A Machine Learning Toolkit”, Journal of Machine Learning Research, 2009.