



Факултет за информатички науки и компјутерско инженерство

Проектна задача по предметот Дигитално процесирање на слика

### **Детекција на ирис, визуелни карактеристики за ирис и споредба**



**Изработил:**

Столе Јовановски 221112

**Ментор:**

проф. Ивица Димитровски

22.01.2025

## Содржина

Проектна задача по предметот Дигитално процесирање на слика .....	1
1. Апстракт .....	3
2. Вовед .....	3
3. Техники за детекција и споредба на ириси .....	4
3.1 Основни принципи на функционирање .....	4
3.2 Клучни компоненти на софтверите .....	5
4. Local Binary Patterns (LBP) .....	6
4.1 Како функционира LBP .....	6
4.2 Предности на LBP .....	7
4.3 Недостатоци на LBP .....	7
5. Габорови филтери (Gabor filters) .....	8
5.1 Предности на Габоровиот филтер .....	8
5.2 Недостатоци на Габоровиот филтер .....	9
6. Хистограм на ориентиран градиент (HOG) .....	9
6.1 Како функционира HOG? .....	10
6.2 Клучни предности на HOG .....	11
6.3 Ограничувања на HOG .....	11
7. Имплементација – LBP .....	11
8. Имплементација – Gabor Filters .....	12
9. Имплементација – HOG .....	13
10. CASIA IRIS SYN .....	14
11. Надградби на системот .....	15
12. Заклучок .....	15
13. Референци .....	16

## 1. Апстракт

Целта на проектот кој го изработив е развој и имплементација на софтвер способен да препознае ирис, да спореди слики од два ириси дали се тие исти и за нив да изгенерира дескриптори. Понатаму ќе се зборува за три типови на алгоритми, кои на различен начин ја вршат истата работа, а исто така ќе се зборува на кои се места се применува или би можеле да се применуваат софтвери за детекција на ириси.

## 2. Вовед

Софтверот за детекција на ириси претставува револуционерна технологија која се користи за биометриска идентификација базирана на уникатните обрасци на ирисот кај секое лице. Овој метод е исклучително сигурен, бидејќи ирисот на човечкото око има сложен и неповторлив дизајн кој останува релативно непроменет во текот на животот. Благодарение на ова, софтверот за детекција на ириси наоѓа примена во широк спектар на индустрии и услуги.

Софтверот за ирисна детекција е интегрален дел од современите безбедносни системи. Во институции како владини згради, воени бази, и истражувачки центри, се користи за да се ограничи пристапот до чувствителни области. За разлика од традиционалните методи, како што се лозинки и клучеви, ирисната идентификација е скоро невозможно да се фалсификува или компромитира. На меѓународните аеродроми и гранични премини, ирисната технологија значително го забрзува процесот на проверка на патниците. Патниците кои се дел од програми за брза проверка, како што се глобалните визни програми, често користат ирисен скенер за автоматско преминување преку граница.

Банкарските институции ја користат оваа технологија за автентикација при трансакции, пристап до сефови и заштита на податоците на клиентите. Ова обезбедува поголема доверба кај корисниците, бидејќи ирисниот скенер значително ги намалува шансите за измама. Во медицината, ирисната биометрика се користи за идентификација на пациенти, особено во случаи кога е потребно брзо и точно поврзување на медицинските досиеја.

Болниците ја користат оваа технологија за да го избегнат мешањето на податоците кај пациенти со слични имиња или идентификациски броеви. Модерните паметни телефони и лаптопи ја вградуваат оваа технологија како дел од своите безбедносни функции. Корисниците можат да ги отклучуваат своите уреди или да овластуваат плаќања преку скенирање на нивниот ирис. Висока сигурност: Уникатноста на ирисот го прави еден од најсигурните биометриски податоци. Дури и во случај на обиди за фалсификација, ирисната технологија има механизми кои овозможуваат точна проверка.

### 3. Техники за детекција и споредба на ириси

Софтверите за детекција на ириси претставуваат биометриски системи кои ја користат уникатната структура на ирисот кај секое лице за идентификација и автентикација. Овие технологии се дел од современите безбедносни решенија, бидејќи нудат исклучителна точност, сигурност и брзина. Функционирањето на софтверите за детекција на ириси се базира на напредна обработка на слики, математички алгоритми и сложени методи за анализа на податоци.

#### 3.1 Основни принципи на функционирање

Функционирањето на овие софтвери може да се подели на неколку клучни фази:

- **Снимање на ирисот**

Првиот чекор е снимање на ирисот со помош на специјализирана камера. Камерата обично користи инфрацрвена светлина за да ги истакне фините детали на ирисот кои не се видливи со голо око. Инфрацрвената светлина минимизира одблесоци и овозможува јасна снимка дури и при слабо осветлување.

- **Препознавање на регион од интерес (ROI)**

Софтверот автоматски го изолира регионот од интерес, односно ирисот, од останатите делови на сликата, како што се белката на окото, капаците, трепките или позадината. Овој чекор е клучен за точноста на идентификацијата.

- **Нормализација**

Бидејќи големината и позицијата на ирисот може да се разликуваат поради различни агли на гледање, растојание од камерата или светлина, софтверот ја нормализира снимката. Овој процес го претвора ирисот во стандардизиран формат, што овозможува полесна споредба со други снимки.

- **Екстракција на карактеристики**

Една од најважните фази е екстракцијата на карактеристиките. Софтверот го анализира уникатниот образец на ирисот и ги идентификува неговите карактеристики, како што се линии, точки, лакови и други микроструктури. Овие детали се претвораат во дигитален код, познат како ирисен шаблон (iris template).

- **Чување на податоците**

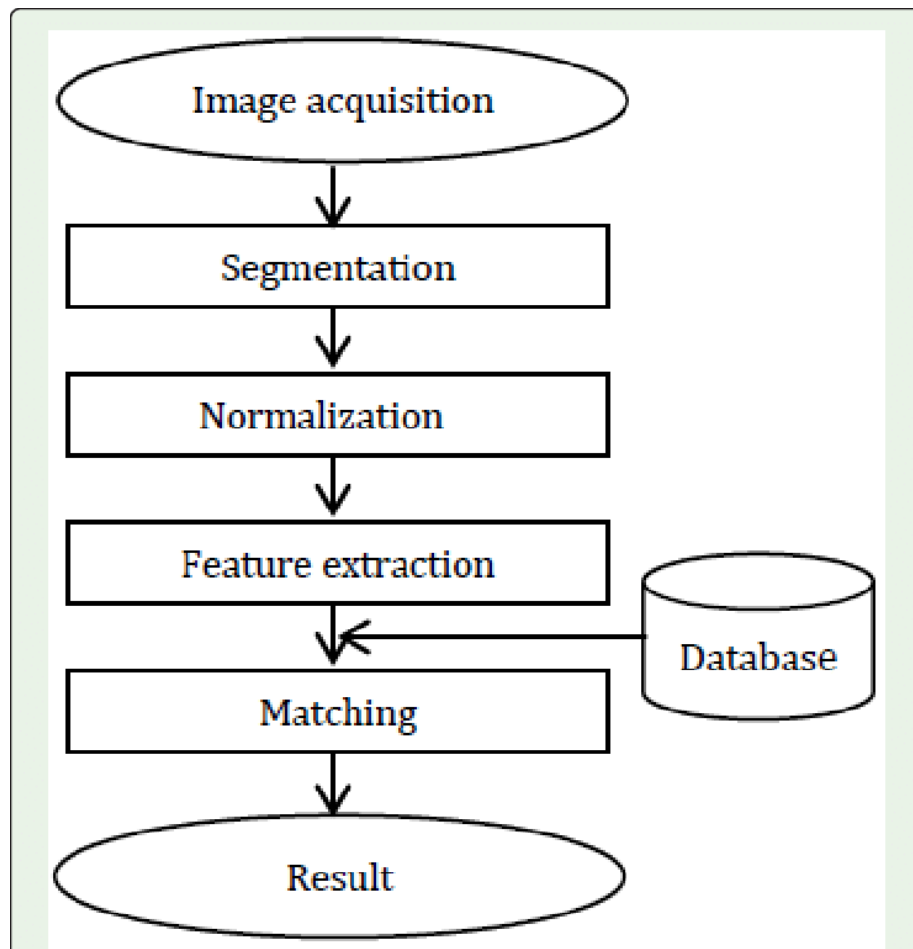
Екстрахираните податоци се зачувуваат во база на податоци. Секој ирисен шаблон е уникатен и зафаќа мал простор, што овозможува ефикасно складирање и брза обработка.

- **Споредба и идентификација**

При процесот на идентификација, новата снимка на ирисот се споредува со постоечките шаблони во базата на податоци. Софтверот користи алгоритми за мерење на сличноста помеѓу шаблоните. Ако сличноста надмине одреден праг, се потврдува идентитетот на лицето.

### 3.2 Клучни компоненти на софтверите

- **Инфрацрвени камери:** Снимање висококвалитетни слики.
- **Процесори:** Брзо обработување на сликите и податоците.
- **Прецизност:** Веројатноста за грешка е речиси нула, бидејќи ирисот е уникатен за секое лице.
- **Брзина:** Процесот на идентификација трае само неколку секунди.
- **Универзалност:** Може да се користи кај различни возрасни групи и популации.
- **Издржливост:** За разлика од отпечатоците од прсти, ирисот останува непроменет со текот на времето.



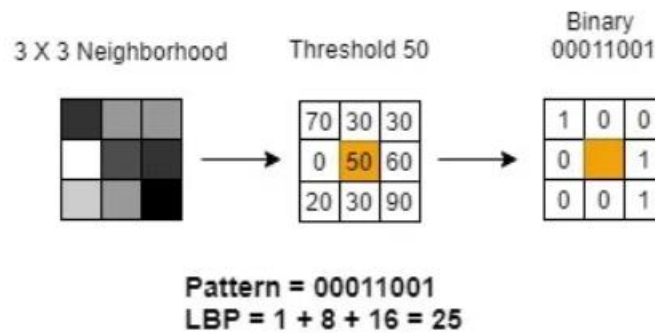
Слика.1 Блок Дијаграм за системот за детекција на ирис

## 4. Local Binary Patterns (LBP)

Локалниот бинарен модел (LBP)[1][2][3] е еден од популарните дескриптори на текстурата што се користат во компјутерската визија. LBP се заснова на карактеристики на изгледот. Тоа е начин да се опише локалната структура на сликата на начин кој е непроменлив на промените во осветлувањето. LBP првпат беше воведен во 1994 година и оттогаш се користи во широк опсег на апликации, вклучувајќи препознавање објекти, откривање лица, класификација на текстура и секако за детекција на ирис. Неговата едноставност и ефективност го прават популарен избор за многу задачи за компјутерска визија.

LBP работи така што го споредува интензитетот на централниот пиксел во мало соседство со интензитетот на неговите околни пиксели. На секој пиксел во соседството му се доделува бинарна вредност врз основа на тоа дали неговиот интензитет е поголем или помал од интензитетот на централниот пиксел (праг). Овие бинарни вредности потоа се спојуваат во бинарен број, кој ја претставува текстурата на тоа соседство.

Овие бинарни вредности потоа може да се користат за да се конструира хистограм на распределбата на тектитетите во сликата.



Слика.3 Приказ на тоа како функционира LBP

### 4.1 Како функционира LBP

Избираме пиксел на сликата и неговите соседни пиксели во кружен или правоаголен регион околу главниот пиксел. Го земаме прагот (интензитетот на избраниот пиксел, тука е 50). Поминуваме низ секој соседен пиксел и проверуваме дали неговиот интензитет е поголем или помал од прагот. Додаваме 1 на соседниот пиксел, ако интензитетот на соседниот пиксел е поголем од прагот. Додаваме 0 на соседниот пиксел, ако интензитетот на соседниот пиксел е помал од прагот. Комбинираме ги бинарните вредности за сите соседни пиксели за да добиеме бинарен код за централниот пиксел (против стрелките на часовникот, почнувајќи од горниот лев агол) и го претвораме во децимална вредност.

Сега ќе ги искористиме овие вредности на LBP за да го конструираме хистограмот. Со конструирање на хистограм на шаблоните на LBP, можеме да ја доловиме фреквенцијата на појавување на различни модели на текстура на сликата. Овој хистограм потоа може да се користи како вектор на карактеристики за задачи за класификација на текстура, каде што целта е автоматски да се класифицираат сликите врз основа на нивните својства на текстура.

## 4.2 Предности на LBP

LBP има неколку предности што го прават популарен метод за анализа на текстура во компјутерската визија и обработката на слики:

- Робустен е за варијации на осветлување, што значи дека може ефикасно да фати информации за текстурата на сликите што имаат различни услови на осветлување. Ова го прави особено корисен за апликации како што се препознавање лица и откривање предмети, каде условите на осветлување може значително да се разликуваат.
- LBP е пресметковно ефикасен метод за анализа на текстурата, што го прави погоден за обработка на големи збирки на податоци и апликации во реално време.
- LBP е непроменлив за ротација и размер на сликата. Оттука, може ефективно да сними информации за текстурата на сликите што се ротирани или намалени.
- Се покажа дека LBP е многу дискриминативен за анализа на текстурата

## 4.3 Недостатоци на LBP

Додека локалната бинарна шема (LBP) има неколку предности за анализа на текстурата, таа исто така има некои ограничувања и потенцијални недостатоци, вклучувајќи:

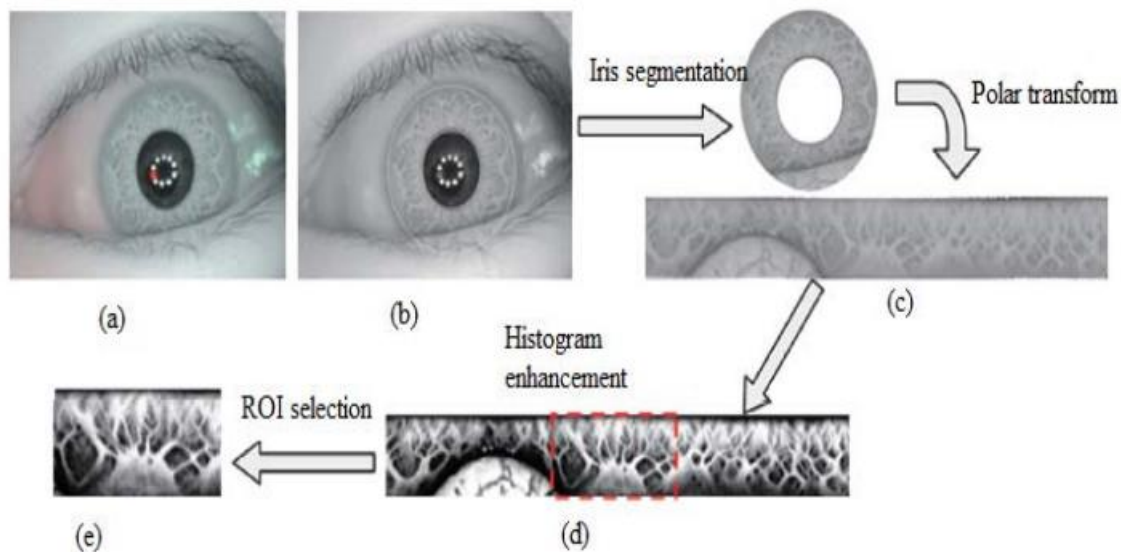
- Чувствителен на шум на сликата. Ова може да влијае на неговата способност за прецизно снимање на информации за текстурата. Операторот LBP ги споредува интензитетите на соседните пиксели и ако има шум на сликата, тоа може да резултира со неточни бинарни вредности кои можат да влијаат на добиениот LBP хистограм.
- Снима информации за локална текстура само во непосредна близина на секој пиксел, што може да ја ограничи неговата способност да фати повеќе глобални информации за текстурата на сликата.
- Додека LBP е непроменлив за ротација на сликата, тој не доловува ротациони информации во шемите на текстурата. Ова може да ја ограничи неговата способност

да прави разлика помеѓу текстурите кои се слични, но се разликуваат во нивните ротациони модели.

- LBP обично се применува на слики со сива скала, што значи дека не ги доловува информациите за бојата во шемите на текстурата.

## 5. Габорови филтери (Gabor filters)

Габоровиот филтер[4][5][6], именуван по Денис Габор, е линеарен филтер што се користи во огромен број апликации за обработка на слики за откривање на рабовите, анализа на текстура, екстракција на карактеристики итн. Карактеристиките на одредени клетки во визуелниот кортекс на некои цицачи може да се приближат со овие филтри. Се покажа дека овие филтри поседуваат оптимални својства за локализација и во просторните и во фреквентните домени и затоа се добро прилагодени за проблеми со сегментација на текстурата. Габор филтрите се посебни класи на пропусни филтри, т.е. дозволуваат одреден „појас“ на фреквенции и ги отфрлаат другите. Габор филтер може да се гледа како синусоидален сигнал со одредена фреквенција и ориентација, модулиран од Гаусовиот бран.



Слика.4 Габоровиот филтер во пракса[4]

### 5.1 Предности на Габоровиот филтер



- Габоровите филтри се одлични за екстракција на текстурни и ориентирани карактеристики, што ги прави идеални за апликации како препознавање ириси и отпечатоци.
- Обезбедува информации за просторната положба и фреквенцијата, што овозможува детална анализа на обрасците.
- Габоровите филтри можат да се прилагодат за различни ориентации и скали, што ги прави флексибилни за обработка на слики со различни карактеристики.
- Се користат во области како биометрија, компјутерска визија, медицинска обработка на слики и препознавање текст.

## 5.2 Недостатоци на Габоровиот филтер

- Габоровите филтри бараат значителна процесорска моќ, што може да биде проблем кај системи со ограничени ресурси.
- Потребно е прецизно поставување на параметрите (како што се фреквенцијата, ориентацијата и ширината на филтерот), што може да биде комплексно.
- Може да генерира погрешни резултати во слики со висок шум, бидејќи филтерот ја засилува и текстурата и шумот.
- Поради усреднување на податоците во фреквентниот домен, може да се изгубат некои фини детали од сликата.

Габоровите филтри се моќна алатка за обработка на слики и екстракција на карактеристики, но нивната примена зависи од балансот помеѓу точноста, сложеноста и достапните ресурси.

## 6. Хистограм на ориентирани градиенти (HOG)

Histogram of Oriented Gradients (HOG)[7] е техника за екстракција на карактеристики која ја анализира структурата на сликата преку ориентирани градиенти. Таа е широко применувана во препознавање на објекти, текстурна анализа и задачи како детекција на ирис, бидејќи е робусна на промени во осветлувањето и зачувува важни детали од структурата.

HOG го анализира начинот на кој осветлувањето се менува низ пикселите во сликата. Градиентот го претставува правецот и големината на најголемата промена во осветлувањето:

- **Магнитуда на градиент:** Претставува колкава е промената.
- **Ориентација на градиент:** Претставува правецот на промената.

HOG ги собира овие информации и групира ориентациите на градиентите во хистограми. Ова овозможува структурната информација на сликата да се претстави на ефикасен начин.

### 6.1 Како функционира HOG?

HOG алгоритмот се состои од неколку фази:

- **Пресметка на градиенти**

За секој пиксел во сликата, градиентот се пресметува со користење на филтри, како Sobel оператори, кои ги извлекуваат хоризонталните и вертикалните промени:

$$G_x = \frac{\partial I}{\partial x}, \quad G_y = \frac{\partial I}{\partial y}$$

Слика.5 Пресметка на градиенти

- **Пресметка на магнитуда и ориентација:**

$$M = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}, \quad \Theta = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right)$$

Слика.6 Пресметка на магнитуда и ориентација

- **Поделба на сликата на клетки**

Сликата се дели на мали клетки (обично  $8 \times 8 \times 8 \times 8$  пиксели). За секоја клетка, се пресметува хистограм на ориентации на градиентите. На пример, ориентациите може да се групираат во 9 интервали (од  $0^\circ$  до  $180^\circ$ ).

- **Нормализација на блокови**

За да се направи дескрипторот робустен на промени во осветлувањето, хистограмите од повеќе соседни клетки се нормализираат во блокови (на пример,  $16 \times 16$ )

- **Конкатенација на хистограмите**

Нормализираните хистограми од сите блокови се спојуваат во еден вектор на карактеристики кој ја претставува целата слика.

## 6.2 Клучни предности на HOG

- **Робусност на осветлување**

Нормализацијата на блоковите го прави HOG отпорен на глобални промени во осветлувањето.

- **Ефективна екстракција на текстурни карактеристики**

HOG ги истакнува структурните карактеристики, што е од суштинско значење за ирис.

- **Генерализираност**

HOG може да се користи не само за ириси, туку и за други биометриски задачи или препознавање на објекти.

## 6.3 Ограничувања на HOG

- **Висока димензионалност:**

Дескрипторите на HOG може да бидат големи, што бара повеќе меморија и процесирачка моќ.

- **Чувствителност на позиционирање:**

Неточната нормализација или сегментација на ирисот може да влијае на резултатите.

## 7. Имплементација – LBP

`calculate_lbp(image)`. Оваа функција ја пресметува LBP сликата од дадената слика. На влез ја имаме сликата во Grayscale(2D низа со пиксел вредности). На излез LBP трансформирана слика `lbp_image`. Ги претвора секој пиксел во бинарен број според неговите соседни пиксели. Се зема централниот пиксел. Секој соседен пиксел се споредува со централниот. Ако вредноста на соседниот пиксел е поголема или еднаква, се додава '1' во бинарниот стринг, инаку '0'. Конечниот бинарен број се претвора во децимална вредност. Резултатот се чува во `lbp_image` како нова вредност на пикселот. Пример: Ако централниот пиксел има вредност 50, а соседите се [45, 60, 40, 55, 65, 35, 50, 70], тогаш бинарниот стринг ќе биде 01010101 (што е 85 во децимален систем).

`lbp_histogram(image, grid_size=(8, 8))`. Оваа функција создава хистограм на LBP вредностите за дадената слика. LBP слика `image` и мрежна големина `grid_size` (8x8 келии). Конкатениран хистограм на сите клетки. Сликата се дели на мрежа со клетки (квадрати). За секоја клетка се пресметува хистограм на LBP вредностите (со 256 можни вредности). Хистограмот се додава во листа `histograms`. Конечниот хистограм за сите клетки се враќа

како еден голем вектор. Пример: Ако мрежата е 8x8, а сликата има 256x256 пиксели, секоја клетка ќе биде 32x32. Ќе добиеме 64 хистограми (по еден за секоја клетка).

`compare_lbp(img1, img2)`. Оваа функција ги споредува LBP хистограмите на две слики. Две Grayscale слики `img1` и `img2`. Сличноста помеѓу сликите како евклидова дистанца. Пресметува LBP за двете слики:

```
lbp1 = lbp_histogram(calculate_lbp(img1))
```

```
lbp2 = lbp_histogram(calculate_lbp(img2))
```

Пресметува евклидовата дистанца помеѓу хистограмите:

```
return np.linalg.norm(lbp1 - lbp2)
```

Помала дистанца значи дека сликите се слични (по текстура).

`show_comparison(img1, img2, similarity_score, threshold=5000)`. Оваа функција визуелно ги прикажува двете слики една до друга и дава порака за нивната сличност.

`img1, img2`: Две Grayscale слики.

`similarity_score`: Пресметана сличност помеѓу сликите.

`threshold`: Праг за одредување дали сликите се слични.

На излез има прозорец што ги прикажува двете слики и порака за сличност.

## 8. Имплементација – Gabor Filters

`gabor_filter()`. Оваа функција го применува Габор филтерот на дадената слика. Се состои од неколку параметри клучни за нејзино правилно функционирање.

`ksize`: Големина на филтерот (сите Габор филтри се матрици, а ова е нивната големина).

`sigma`: Стандардна девијација на Гаусовиот филтер, кој ја контролира широкоста на честотното поле.

`theta`: Параметар кој ја одредува ориентацијата на Габор филтерот (аголот на ориентација).

`lambda`: Период на брановите, што ја дефинира должината на брановите што филтерот ќе ги екстрахира.

`gamma`: Однос на димензиите на филтерот по хоризонтала и вертикала, контролирајќи ја форма на брановите.

`psi`: Фазен помак кој се користи во Габор филтерот за прецизно регулирање на брановите.

Функција: Применува Габор филтер на сликата користејќи го дадениот `theta` (ориентација). За да се добијат појасни текстурни карактеристики, филтерот се користи за да ја екстрахира информативната текстура од сликата.

`gabor_features()`. Оваа функција ги екстрахира текстурните карактеристики на сликата преку примена на различни Габор филтри. Се состои од неколку параметри меѓу кои:

`orientations`: Број на различни ориентации на Габор филтри.

`scales`: Број на различни скали (или периоди) за брановите.

Функција: За секоја ориентација и скала, Габор филтерот се применува на сликата, а резултатите од секој филтер (просечната вредност на филтрираната слика) се користат како карактеристики за сликата. Овие карактеристики се користат за споредба помеѓу слики, бидејќи тие ги опишуваат различните текстурни својства на сликата, како што се контраст, ориентација и фреквенција на текстурата.

`compare_gabor()`. Споредба на текстурите на две слики врз основа на нивните Габор карактеристики.

Функција: Оваа функција екстрахира Габор карактеристики за две слики и пресметува евклидова растојание помеѓу нив. Евклидовото растојание е мера која го изразува различието или сличноста помеѓу два вектора. Малото растојание покажува слични текстури, додека поголемото растојание укажува на поголема разлика во текстурите.

`show_comparison()`. Без премногу должење оваа функција го има скоро истоит формат како и кај LBP филтерите.

## 9. Имплементација – HOG

`compute_hog()`. Функцијата го пресметува HOG векторот за дадената слика. Има неколку параметри кои се задаваат.

`cell_size`: Големина на клетките, во кои се пресметуваат градиентите на сликата. Обично се користат мали големини како (8, 8) пиксели.

`block_size`: Големина на блоковите, кои се формираат со групирање на повеќе клетки. Обично се користи (2, 2) клетки во блокот.

`nbins`: Број на бинови за ориентацијата на градиентите. Најчесто се користат 9 бинови за рамномерно покривање на агли од 0 до 180 степени.

Процесот првично почнува со тоа што се пресметуваат X и Y градиентите на сликата користејќи филтерот Собел. Потоа, се пресметуваат магнитудата и аголот на градиентите со функцијата `cv2.cartToPolar()`. За секој дел од сликата (келијата), се создава хистограм на ориентации, користејќи ја магнитудата на пикселите и аголот. Овој хистограм претставува колку силно е изразен градиентот во различни насоки во таа клетка. Хистограмите за сите клетки се комбинираат и враќаат како HOG вектор.

`compare_hog()`. Ги споредува HOG карактеристиките на две слики. Прво се пресметуваат HOG карактеристиките за двете слики користејќи ја функцијата `compute_hog()`. Потом, се пресметува евклидовата растојание помеѓу двата HOG вектора.

Евклидовото растојание измерува колку се различни или слични текстури на двете слики. Мало растојание покажува дека сликите имаат слични текстури, додека поголемо растојание укажува на значителна разлика помеѓу сликите.

`show_comparison()`. Се прикажуваат двете слики и резултатите од споредбата. Сликите се прикажуваат една до друга за да се визуелизира разликата помеѓу нив. Ако растојанието помеѓу HOG векторите е помало од прагот (определен како 28000 во овој случај), тогаш сликите се сметаат за слични, а ако е поголемо, сликите се сметаат за различни. Текстуална порака која ја покажува сличноста на сликите и нивниот резултат од споредбата се додава на комбинираната слика. Комбинираната слика се прикажува во нов прозорец, каде што корисникот може да ја види споредбата помеѓу двете слики и нивната сличност.

## 10. CASIA IRIS SYN

CASIA IRIS SYN е еден од најпознатите и најкористените бази на податоци за препознавање на ириси, создаден од Институтот за автоматизација во Кина (CASIA). Оваа база на податоци е специјално дизајнирана за истражување и развој на техники за биометриска идентификација на ириси, и содржи синтетички (генерирани) ирисни слики, кои се создадени со цел да ја поддржат евалуацијата на алгоритмите за препознавање на ирисите.

1. Големина и разновидност: Базата содржи стотици слики на ириси од различни лица, што овозможува развој на поотпорни и поефикасни алгоритми. Сликите се создадени со различни променливи, како што се осветлението, аголите на снимање и текстурните варијации.
2. Синтетичност: Базата на податоци вклучува синтетички ирисни слики, што значи дека истите не се реални фотографии, туку се генерирани преку компјутерски модели. Ова го прави поедноставно за истражувачите да ги тестираат алгоритмите без потреба од физички снимање на нови слики.
3. Поддршка за развој на технологии: CASIA IRIS SYN ја поддржува развојот на напредни биометриски технологии, вклучувајќи ги алгоритмите за препознавање и верификација на ирисите. Ова е особено важно за индустриите како што се безбедноста и пристапните контроли, каде што точноста и безбедноста се клучни.
4. Репродукција и тестирање: Базата на податоци овозможува лесно воспоставување на стандарди за тестирање и споредба на новите методи во препознавањето на ирисите, што е основа за напредокот во биометриските истражувања.

Севкупно, CASIA IRIS SYN игра клучна улога во унапредувањето на биометриските технологии, овозможувајќи ефикасно и сигурно тестирање на различни алгоритми за препознавање ириси, со што ја подобрува точноста и безбедноста на современите системи за идентификација.

## 11. Надградби на системот

Кодовите од различните филтри искористени во проектната задача се само еден пример како би можел да изгледа софтвер создаден со намера да препознава дали 2 ириси се на истиот човек или не. Дополнително доколку овие програми би биле применливи во пракса може да дојде до брзи надградби на повеќе нивоа. Може дополнително да се зачувуваат сликите во посебна папка, да се одделуваат компатабилните од некомпатабилните споредби. Дополнително можеме да додаваме зачувување на сликите со ирис, но со применетите филтри, а и кога ни се отвора сликата каде што ни се споредени сликите со пораката дали се слични или може да се имплементира слајдер кој на лице место “In real time” ќе ни прикажува ниво на филтрација, доколку тоа би ни било потребно за било какви споредби. Секако за добивање на квалитетни резултати од софтверот потребен ни е и соодветен хардвер, кој што ќе биде доволно способен за брзо, ефикасно обработување на сликите и камера која што нема да ни остава шум во условите во кои сакаме да работиме. Користењето на шеми за Deep Learning дополнително може да го подобри системот со тоа што тој ќе биде трениран на слики кои ние му ги даваме за влез. Ова се само неколку примери на надградба кои што би можеле да ги додадеме во сите три филтри.

## 12. Заклучок

Иднината на софтверот за откривање ирис е ветувачка, со напредокот во технологијата кој го отвора патот за попрецизни и поефикасни системи. Како што биометриската безбедност станува сè поважна, откривањето на ирисот најверојатно ќе игра клучна улога поради неговата висока доверливост и уникатност. Развојот на софтвер кој може брзо и прецизно да идентификува поединци врз основа на нивните модели на ирисот ќе биде од суштинско значење во различни области. Врз основа на карактеристиките и принципите на кои работат можеме да формираме мислење кој од филтрите е најдобар за да базираме цел систем кој што ќе работи без грешки.

LBP е едноставен, но ефективен оператор со текстура кој ги означува пикселите на сликата со прагување на соседството на секој пиксел. Тој е пресметковно ефикасен и издржлив на монотони промени на осветлувањето, што го прави погоден за апликации во реално време. Сепак, можеби нема да доловува сложени модели на текстура толку ефикасно како другите методи.

Габор филтри: Габор филтрите се одлични за снимање на карактеристиките на просторната фреквенција и се особено ефикасни во претставувањето и дискриминацијата на текстурата. Тие се добро прилагодени за доловување на уникатните модели кои се наоѓаат во текстурите на ирисот. Сепак, тие можат да бидат пресметковно интензивни, што може да биде ограничување за апликациите во реално време.

Хистограм на ориентирани градиенти (HOG) е широко користен за откривање на објекти и е ефикасен во фаќањето на рабовите и градиентните структури. Иако е моќен за општо откривање објекти, можеби не е толку специјализиран за сложените модели на ирисот во споредба со Габоровите филтри.

Имајќи ги предвид специфичните барања за откривање на ирисот, Габоровите филтри често се сметаат за најсоодветен избор поради нивната способност да ги доловат деталните модели на текстура на ирисот. И покрај нивните пресметковни барања, прецизноста и сигурноста што ги нудат ги прават претпочитана опција за апликации со висока безбедност. Иднината на софтверот за детекција на ирисот најверојатно ќе види комбинација од напредни алгоритми и методи за екстракција на карактеристики за да се подобри точноста и ефикасноста. Како што напредува технологијата, можеме да очекуваме посовфистицирани системи кои ги интегрираат овие методи за да обезбедат робусни и сигурни биометриски решенија.

### 13. Референци

- [1]. T. Ojala, M. Pietikäinen, and D. Harwood (1994), “Performance evaluation of texture measures with classification based on Kullback discrimination of distributions”, Proceedings of the 12th IAPR International Conference on Pattern Recognition (ICPR 1994), vol. 1, pp. 582–585.
- [2]. A. Ihalapathirana, “Understanding the Local Binary Pattern (LBP): A Powerful Method for Texture Analysis in Computer Vision”
- [3]. D. Huang, C. Shan, M. Ardebilian, Y. Wang, and L.Chen, “Local Binary Patterns and Its Application to Facial Image Analysis: A Survey”
- [4]. R. Mude, M. R. Patel, “Gabor Filter for Accurate IRIS Segmentation Analysis”
- [5]. Y. Chen, T. Jeanneau and C. Brendel, “Iris feature extraction with 2D Gabor wavelets”
- [6]. P. Yao, J. Li, X. Ye, Z. Zhuang, B. Li, “Iris Recognition Algorithm Using Modified Log-Gabor Filters”
- [7]. M. Tyagi, “Histogram of Oriented Gradients: An Overview”