

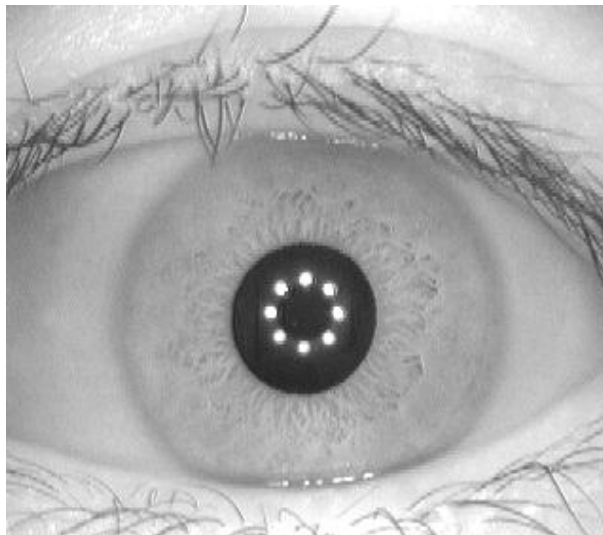
BIOM - zadanie č.1

Tomáš Jenčík, 111291

November 2023

1 Načítanie a zobrazenie dát

Na úvod zadania bolo potrebné, aby sme sa zoznámili s obrazmi, s ktorými budeme pracovať, aby sme ich vedeli správne pripraviť. V zadaní pracujeme s datasetom obrazov oka, na ktorých je jasne vidieť ich zreničku, dúhovku, vrchné a spodné viečko. Na týchto obrazoch budeme hľadať kružnice, ktoré budú znázorňovať tieto časti oka. Na začiatok budeme pracovať len s jedným obrazom oka, aby sme si na ňom mohli nájsť hľadané údaje a aplikovať predspracovania. Vďaka týmto predspracovaniam budeme dúfať, že budeme schopný ľahšie nájsť dané kružnice

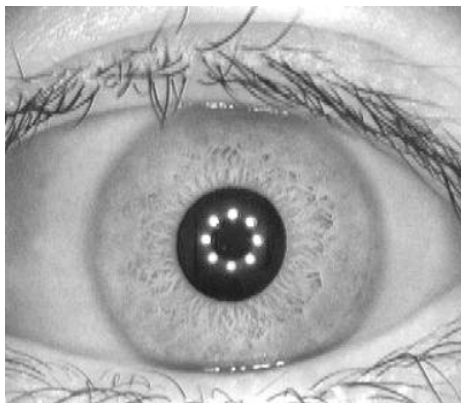


Obr. 1: Úvodná snímka oka ("S1019L01.jpg").

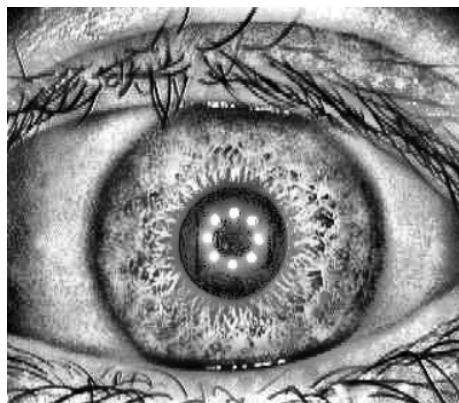
1.1 Zlepšenie kontrastu

Ako prvé sme chceli zlepšiť kontrast obrazu. Tento proces funguje tak, že budeme zvyšovať alebo znižovať jasnosť, aby niektoré časti boli viac viditeľné a teda sa ních ľahšie našli kružnice, alebo naopak iné časti schované, aby neboli hľadané. Na zlepšenie kontrastu vieme použiť 2 rôzne metódy: CLACHE a histogramová ekvalizácia. V CLAHE je zosilnenie kontrastu v blízkosti danej hodnoty

pixelu dané strmostou transformačnej funkcie. Hodnota, pri ktorej je histogram orezaný, takzvaný limit klipu, závisí od normalizácie histogramu a tým od veľkosti susednej oblasti.



Obr. 2: CLACHE s hodnotou 1.

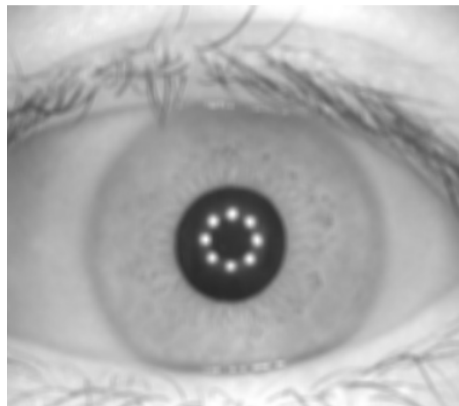
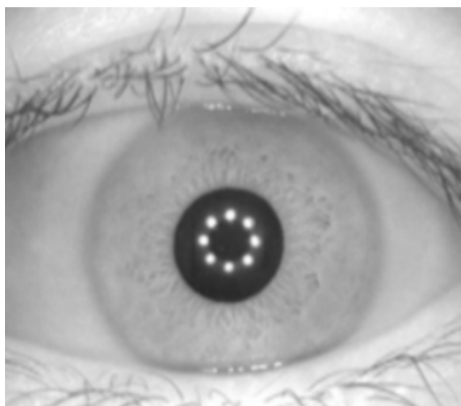


Obr. 3: CLACHE s hodnotou 10.

Skúsili sme taktiež aplikovať histogramovú ekvalizáciu. Je to technika spracovania obrazu, ktorá sa používa na zlepšenie kontrastu v obraze tým, že transformuje histogram jasů pixelov v obraze tak, aby bol rovnomerne distribuovaný po celej škále jasů. Táto technika môže ale ako vedľajší účinok zvýšiť šum, alebo vieme stratiť niektoré detaily v obraze.

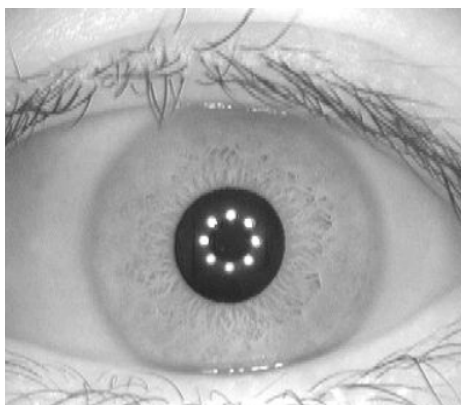
1.2 Zníženie šumu

Znižovanie šumu v obraze je proces, ktorý sa používa na redukcii nežiaducich artefaktov alebo náhodných fluktuácií v obraze. Na znižovanie sa používa Gaussovské rozmazanie alebo Non-local Mean Thresholding. Gaussovské rozmazanie je široko používaný efekt v grafickom softvéri, zvyčajne na zníženie obrazového šumu a zníženie detailov. Vizualným efektom tejto techniky rozmazania je hladké rozmazanie, ktoré sa podobá prezeraniu obrazu cez priesvitnú obrazovku.

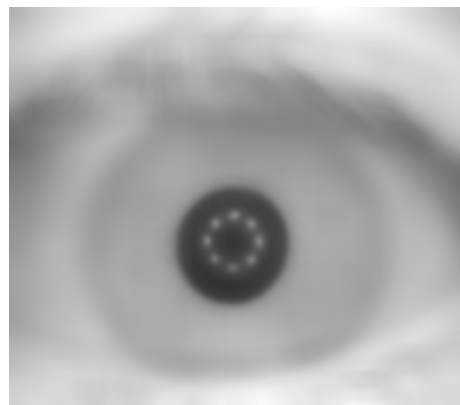


Obr. 4: Gaussovské rozmazanie s hodnotou 0. Obr. 5: Gaussovské rozmazanie s hodnotou 100.

Non-local Mean Thresholding nahrádza hodnotu pixelu priemerom z výberu hodnôt iných pixelov: malé oblasti sústredené na ostatné pixely sa porovnávajú s oblasťou sústredenou na pixel, ktorý nás zaujíma, a priemer sa vykonáva iba pre pixely, ktoré majú záplaty blízke aktuálnej záplate. Výsledkom je, že tento algoritmus dokáže dobre obnoviť textúry, ktoré by boli iným odšumovacím algoritmom rozmazané.



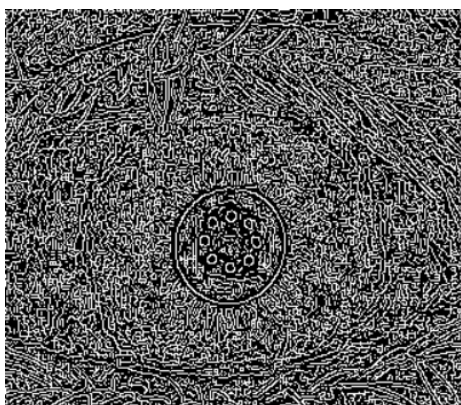
Obr. 6: NLM s hodnotou 1.



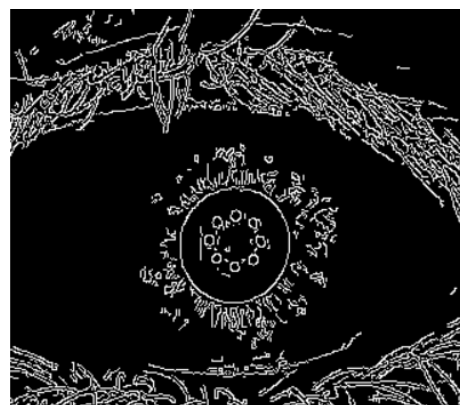
Obr. 7: NLM s hodnotou 101.

1.3 Cannyho detektor hrán

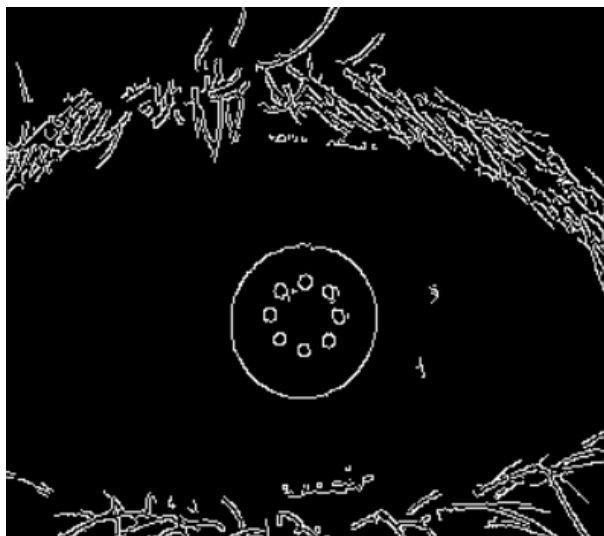
Cannyho detektor hrán je populárny algoritmus používaný na detekciu hrán v digitálnych obrazoch. Bol vyvinutý Johnom F. Canny v roku 1986 a zostáva jedným z najefektívnejších a najpoužívanějších algoritmov na detekciu hrán. Je to efektívny algoritmus, ktorý poskytuje spoľahlivú detekciu hrán s minimálnym šumom a dôležitými funkciami, ako je prahovanie a supresia slabých hrán. Je často používaný v oblastiach počítačového videnia, spracovania obrazu a analýzy obrazu.



Obr. 8: CANNY s hodnotou 1.



Obr. 9: CANNY s hodnotou 121.



Obr. 10: CANNY s hodnotou 241.

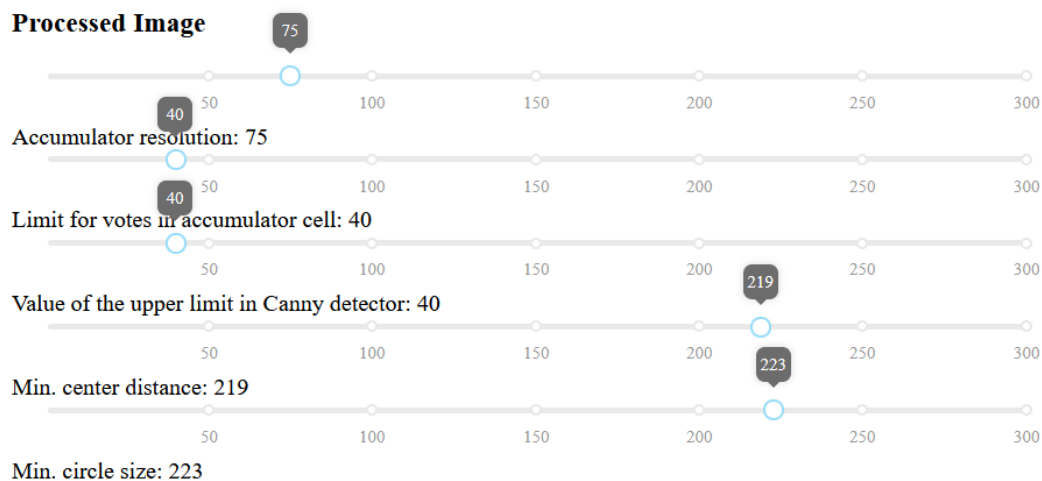
1.4 Houghova transformácia

Houghova transformácia je technika extrakcie prvkov používaná pri analýze obrazu, počítačovom videní a digitálnom spracovaní obrazu. Účelom tejto techniky je nájsť nedokonalé príklady objektov v rámci určitej triedy tvarov pomocou postupu hlasovania. Tento hlasovací postup sa uskutočňuje v parametrickom priestore, z ktorého sa získajú kandidáti na objekt ako lokálne maximá v takzvanom akumuláčnom priestore, ktorý je explicitne skonštruovaný algoritmom na výpočet Houghovej transformácie.

V Houghovej transformácii vieme určiť niekoľko parametrov. Pomocou týchto parametrov budeme hľadať dané kružnice. V niektorých prípadoch môže nastať, že na obraze uvidíme viacero kružníc a pomocou ladenia týchto parametrov vieme zredukovať ich počet na jednu kružnicu.

- Rozlíšenie akumulátora je parameter, ktorý určuje veľkosť buniek v Houghovom akumulátore používanom pri Houghovej transformácii. Rozlíšenie určuje, aké malé zmeny parametrov sa majú sledovať vo vytváraní tohto priestoru.
- Tento parameter určuje minimálny počet hlasov (alebo intenzitu hlasov) v jednej bunke Houghovho akumulátora, ktorý je potrebný na to, aby sa považoval za prítomnosť geometrického tvaru. Vyššia hodnota tohto parametra môže viesť k vyššej presnosti, ale môže zároveň viesť k väčšej citlivosti na šum v obraze.
- Tento parameter určuje vyššiu hranicu prahovania pri aplikácii operátora Cannyho na obraze. Hrany s gradientom väčším ako táto hodnota sa považujú za silné hrany a zachovávajú sa, zatiaľ čo hrany s nižším gradientom sú potlačené.
- Tento parameter sa obvykle používa v Houghovej transformácii pre detekciu kruhov. Určuje minimálnu vzdialenosť medzi stredmi detegovaných kruhov. Tento parameter je dôležitý pre odstránenie duplicit alebo blízkyh kruhov, ktoré by mohli byť detegované ako jediný kruh.

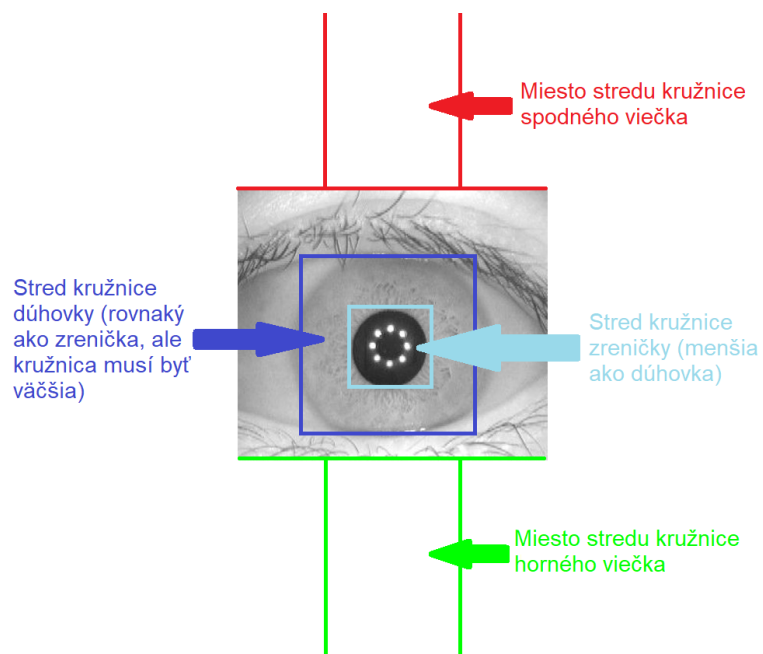
- Určuje minimálnu veľkosť kruhu, ktorý sa má detegovať. Kruhy menšie ako táto hodnota nebudú zahrnuté v detekcii. Tento parameter pomáha odstrániť falošné pozitíva a zlepšiť spoľahlivosť detekcie.



Obr. 11: Houghova transformácia a jeho hyperparametre.

2 Filtrovanie pomocou pravidiel

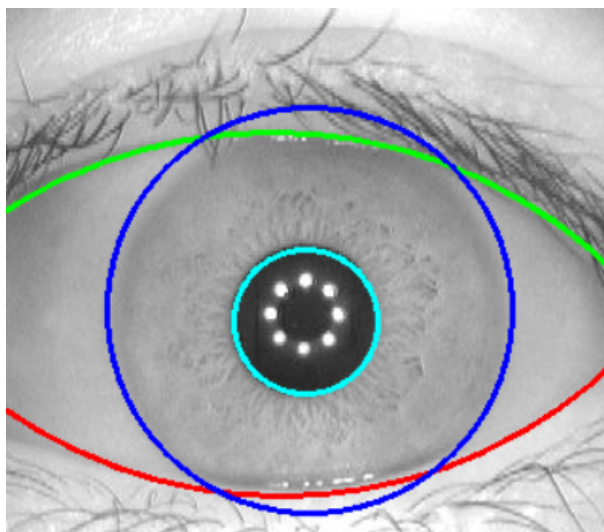
Pre dosiahnutie vykreslenia správnych kružníc sme nastavili filtre pomocou pravidiel. Ide vlastne o to, že povieme, ktoré kružnica sa má vykresliť alebo akej má byť veľkosti. Ako budeme môcť vidieť na ďalšom obrázku, každá kružnica má určené to, kde by sa mal jej stred približne nachádzať, aby sme podľa toho potom vedeli určiť, o ktorú časť oka sa bude jednať. Pri kružnici popisujúcej zreničku alebo dúhovku sme sa okrem pozície stredu kružnice museli ešte pozerať na to, približne aká veľká je kružnica. Kružnica s menším polomerom bola potom označená ako zrenička a kružnica s väčším polomerom ako dúhovka (obe majú stred v strede).



Obr. 12: Filtrovanie pomocou pravidiel.

2.1 Obraz oka s kružnicami

Obraz oka ("S1019L01.jpg") aj spolu s jeho nájdenými kružnicami pre konkrétne časti oka vyzeral nasledovne:



Obr. 13: Nájdené kružnice pre jednotlivé časti oka.

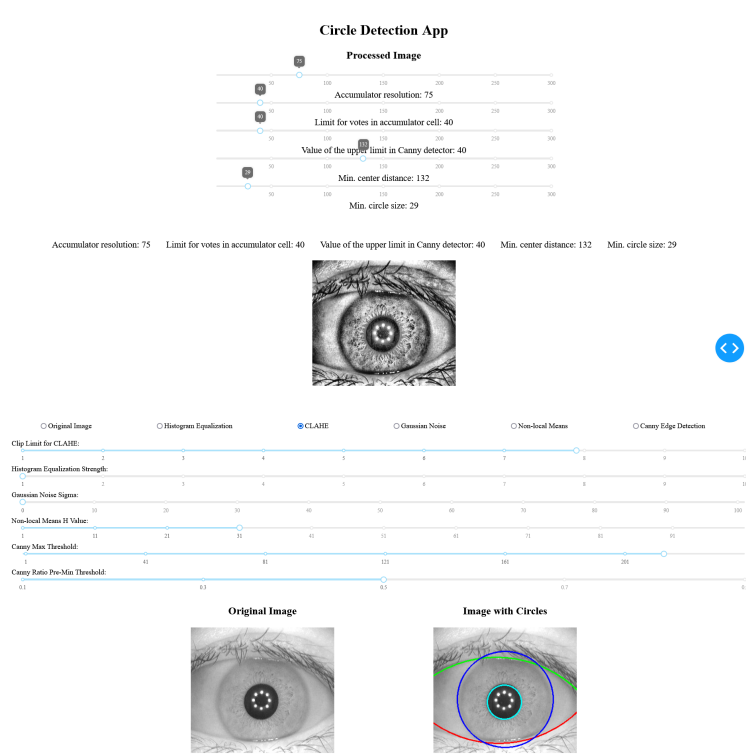
Na obraze môžeme vidieť, kružnicu s tyrkysovou farbou pre zreničku, modrú farbu pre dúhovku, zelenú farbu pre horné viečko a červenú farbu pre spodné viečko. Kružnice viečok vznikli z veľkých kružníc, ktoré sa hoci nezmestili na fotku oka, majú svoje stredy mimo obrazu a časť týchto kružníc tvoria viečka. Súradnice daných kružníc sú nasledovné:

Súradnice kružníc	Zrenička	Dúhovka	Horné viečko	Spodné viečko
x:	145	155	160	158
y:	3	279	160	156
r:	255	212	107	38

Tabuľka 1: Súradnice kružníc pre časti oka.

3 Dash app aplikácia

Predtým, než si ukážeme výpočet IoU, treba si ešte ukázať, ako vyzerá webová aplikácia, kde sme upravovali obraz a pomocou ktorej sme hľadali dané kružnice a ich súradnice.



Obr. 14: Dash aplikácia pre zadávanie hodnôt.

4 Intersection over Union

Intersection over Union je metóda na kvantifikáciu percentuálneho prekrytia medzi cieľovou maskou a naším výstupom predikcie. Táto metrika úzko súvisí s koeficientom dice, ktorý sa často používa ako funkcia straty počas tréningu. Metrika meria počet pixelov spoločných medzi cieľovou a predikčnou maskou vydelený celkovým počtom pixelov prítomných v oboch maskách.

Vzorec sme použili na zistenie toho, koľko máme true positives, false positives a false negatives. True positive je výsledok, keď model správne predpovedá pozitívnu triedu, false positive je výsledok, keď model nesprávne predpovedá pozitívnu triedu a false negative je výsledok, keď model nesprávne predpovedá negatívnu triedu. Podľa toho, aké dostaneme výsledky pre tieto hodnoty si potom vieme vypočítať hodnoty Precision, Recall a F1-skóre. Tieto hodnoty nám určujú:

- Precision meria presnosť predpovedaných ohraničujúcich rámcov. Presnosť definuje, koľko true positives model urobil. Je to pomer true positives výsledkov k súčtu true positives a false positives.
- Recall meria schopnosť modelu odhaliť všetky výskyty objektu. Recall udáva, koľko true positives model vynechal. Je to pomer true positives výsledkov k súčtu true negatives a false negatives (FN).
- F1-skóre hodnotí prediktívne schopnosti modelu tým, že rozpracúva jeho triedny výkon, a nie celkový výkon, ako je presnosť. F1-Skóre kombinuje dve konkurenčné metriky – presnosť a skóre pamäti modelu, čo vedie k jeho širokému použitiu.

Pre náš obraz oka s kružnicami boli výsledky nasledovné (naše súradnice kružníc boli porovnávané s kružnicami zo súboru iris_annotation.csv):

Tabuľka 2: IoU výsledky.

Metriky	Hodnota
True Positives	2
False Positives	2
False Negatives	2
Precision	0.5
Recall	0.5
F1 Score	0.5

Ako môžeme vidieť, s nájdenými hodnotami sme dosiahli výsledok precision len 0.5, čo nie je najlepší výsledok. Po spätnom hľadaní lepších kružníc sme našli nakoniec jednu kružnicu pre horné viečko, vďaka ktorej sme dosiahli tieto výsledky:

Tabuľka 3: IoU výsledky (ďalší beh).

Metriky	Hodnota
True Positives	3
False Positives	1
False Negatives	1
Precision	0.75
Recall	0.75
F1 Score	0.75

Aj s niekoľkonásobným opakovaním sa nám nepodarilo nájsť vhodnú kružnicu pre spodné viečko, ale tieto výsledky sú aj tak lepšie ako to, čo sme si ukázali v predošlom príklade.

5 Grid search

Pomocou grid searchu sme prešli celú databázu, aby sme pre určili, ako správne boli určené kružnice na základe našich prvých kružníc.

5.1 Grid search zreničiek

Ako prvé sme sa pozreli na zreničky. Keďže kružnica pre zreničku vyzerala sľubne, začali sme podľa jej súradníc prehľadávať kružnice v každom obraze oka v databáze. Výsledné údaje boli:

Tabuľka 4: IoU výsledky - zreničky (druhý beh).

Metriky	Hodnota
True Positives	1403
False Positives	1233
False Negatives	1712
Precision	0.5322
Recall	0.4504
F1 Score	0.4879

Hoci výsledky neboli najhoršie, neboli sme s nimi úplne spokojný a preto sme skúsili nájsť lepšie hodnoty pre kružnicu zreničky, aby sme dosiahli lepších výsledkov. Treba poznamenať, že sme zmenili obraz, na ktorom sme testovali, aby sme zistili, či to pomôže, konkrétne úplne prvý obraz v databáze (S1001L01.jpg). Hľadané údaje pre zreničku sme zmenili nasledovne:

- NLM hodnota: 31 -> 51
- Accumulator resolution: 9 -> 9
- Limits for Votes in accumulator cell: 144 -> 144

- Value of upper limit in canny detector: 217 -> 217
- Min. center distance: 140 -> 140
- Min. circle size: 50 -> 45

Výsledky vyzerali po úprave nasledovne:

Tabuľka 5: IoU výsledky - zreničky (druhý beh).

Metriky	Hodnota
True Positives	2222
False Positives	414
False Negatives	929
Precision	0.8429
Recall	0.7052
F1 Score	0.7679

5.2 Grid search dúhoviek

Ďalšie sme prešli dúhovky, kde výsledky boli:

Tabuľka 6: IoU výsledky - dúhovky.

Metriky	Hodnota
True Positives	2626
False Positives	10
False Negatives	38
Precision	0.9962
Recall	0.9857
F1 Score	0.9909

Tieto výsledky vyzerali veľmi dobre a tak sme ďalší beh už neskúšali.

5.3 Grid search horných viečok

Ako ďalšie sme sa pozreli na horné viečka. Tu výsledky vyzerali nasledovne:

Tabuľka 7: IoU výsledky - dúhovky.

Metriky	Hodnota
True Positives	1473
False Positives	1163
False Negatives	862
Precision	0.5588
Recall	0.6308
F1 Score	0.5926

Ani tu výsledky neboli najlepšie a tak sme skúsili znova nájsť lepšiu kružnicu, ktorú sme dosadili do grid search, aby sme našli lepšie výsledky. Aj tu sme zmenili obraz na prvý obraz v databáze. Údaje sa zmenili nasledovne:

- NLM hodnota: 31 -> 11
- Accumulator resolution: 61 -> 94
- Limits for Votes in accumulator cell: 10 -> 72
- Value of upper limit in canny detector: 16 -> 116
- Min. center distance: 13 -> 245
- Min. circle size: 176 -> 161

Výsledky boli:

Tabuľka 8: IoU výsledky - horné viečko (2. beh).

Metriky	Hodnota
True Positives	1858
False Positives	778
False Negatives	2320
Precision	0.7049
Recall	0.4447
F1 Score	0.5453

Hoci tieto výsledky nie su ideálne, sú aspoň lepšie ako predošlé výsledky.

5.4 Grid search spodných viečok

Ako posledné sme pozreli na spodné viečka. Keďže sme nevedeli nájsť vhodnú kružnicu pre spodné viečko, aj výsledky budú pravdepodobne nesprávne. Tieto výsledky boli:

Tabuľka 9: IoU výsledky - spodné viečko.

Metriky	Hodnota
True Positives	594
False Positives	2042
False Negatives	2451
Precision	0.2253
Recall	0.19501
F1 Score	0.2091

Tieto výsledky nie sú dobré, ale ani po niekoľkonásobnom hľadaní sme nenašli lepšie výsledky pre spodné viečko.

6 Segmentácia dúhovky

Anotácia sémantickej segmentácie pomáha trénovať modely AI založené na počítačovom videní priradením každého pixelu na obrázku ku konkrétnej triede objektu. Anotácia segmentácie inštancií pridáva ďalšie podrobnosti do tréovacích snímok oddeleným označením objektov patriacich do rovnakej triedy.

Pre našu úlohu sme si vytvorili masku pre každú kružnicu. Masky sú binárne obrázky používané na oddelenie alebo vymedzenie rôznych objektov alebo oblastí v rámci obrázka. Každému pixelu v maske je priradená hodnota buď 0 alebo 1, kde 1 zvyčajne predstavuje prítomnosť objektu alebo oblasti záujmu a 0 predstavuje pozadie alebo neprítomnosť objektu.

V našom prípade sme ako prvú vytvorili masku pre dúhovku, nastavili jej farbu na bielo a potom sme urobili nasledovné: masku zreničky sme nastavili na čiernu farbu a pri maskách horného a spodného viečka sme okolie týchto častí nastavili na čierne. Segmentácia oka vyzerala nasledovne:



Obr. 15: Segmentácia oka.

Treba poznamenať, že masky boli vytvorené podľa prvých kružníc (nájdené kružnice na obr. č. 13).

7 Bonus

V tejto časti by som chcel poukázať na dataset, s ktorým sme pracovali ako aj databázu iris, podľa ktorej sme porovnávali kružnice. Počas práce nastali 2 problémy:

- Dataset neobsahoval všetky obrazy oka, ktoré sa nachádzali v iris_annotation.csv
- Iris_annotation.csv neobsahoval všetky cesty k obrazom, ktoré sa nachádzali v datasete.

```
[ WARN:0@16.008] global loadsave.cpp:248 cv::findDecoder imread_('duhovky\008/R/S1008R09.jpg'): can't open/read file: check file path/integrity
[ WARN:0@16.009] global loadsave.cpp:248 cv::findDecoder imread_('duhovky\008/R/S1008R10.jpg'): can't open/read file: check file path/integrity
Warning: Failed to load image 'duhovky\008/R/S1008R09.jpg'. Skipping...
Warning: Failed to load image 'duhovky\008/R/S1008R10.jpg'. Skipping...
Warning: Failed to load image 'duhovky\011/L/S1011L10.jpg'. Skipping...
[ WARN:0@19.425] global loadsave.cpp:248 cv::findDecoder imread_('duhovky\011/L/S1011L10.jpg'): can't open/read file: check file path/integrity
```

Obr. 16: Príklad chýbajúcich dát.