

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY**

**VYTVORENIE MOBILNEJ APLIKÁCIE URČENEJ
NA VYHĽADÁVANIE SIVÉHO ZÁKALU U
POUŽÍVATEĽA**

TÍMOVÝ PROJEKT

2023

Nošík D., Ištók P., Mičuda R., Vrbovský A., Kopecký M., Danko T.

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY**

**VYTVORENIE MOBILNEJ APLIKÁCIE URČENEJ
NA VYHĽADÁVANIE SIVÉHO ZÁKALU U
POUŽÍVATEĽA**
TÍMOVÝ PROJEKT

Študijný program: Aplikovaná informatika
Názov studijného odboru: Informatika
Školiace pracovisko: Ústav informatiky a matematiky
Vedúci tímového projektu: MUDr. Veronika Kurilová, PhD.

Bratislava 2023

Nošík D., Ištók P., Mičuda R., Vrbovský A., Kopecký M., Danko T.

Poděkování

Radi by sme sa podakovali našej vedúcej práce, MUDr. Veronike Kurilovej, PhD., za užitočné rady a pripomienky, ktoré nám poskytla počas naše uplynulej spolupráce.

Obsah

Úvod	1
1 Analýza	2
1.1 Anatómia oka	2
1.1.1 Segmenty oka	5
1.2 Sivý zákal	6
1.2.1 Príznaky	7
1.2.2 Príčiny vzniku	7
1.2.3 Diagnostika	8
1.2.4 Liečba	10
1.3 Prehľad existujúcich prác	10
1.4 Existujúce datasety	11
1.4.1 Retina Dataset	11
1.4.2 Cataract Surgery Dataset	12
1.4.3 Ocular Disease Intelligent Recognition (ODIR) dataset	12
1.4.4 Retinal Fundus Multi-Disease Image Dataset (RFMID)	13
1.5 Červený odraz	14
1.6 Algoritmy na extrakciu	15
1.6.1 Cannyho algoritmus a Houghova transformácia	16
1.6.2 Haarov kaskádový klasifikátor	18
2 Návrh	20
2.1 Experimenty	20
2.2 UML diagram prípadov použitia	22
2.3 Prieskum knižníc	23
3 Implementácia extrakcie zrenice	26
3.0.1 Haarov kaskádový klasifikátor	26
3.0.2 Cannyho algoritmus a Houghova transformácia	27
Záver	28
Zoznam použitej literatúry	29
Prílohy	I

Zoznam obrázkov a tabuliek

Obrázok 1	Prierez oka [2]	2
Obrázok 2	Sietnica [3]	4
Obrázok 3	Predný segment oka [4]	5
Obrázok 4	Prierez oka [5]	6
Obrázok 5	Priebeh katarakty [6]	6
Obrázok 6	Príklad katarakty [7]	7
Obrázok 7	Snellenove tabuľky [8]	8
Obrázok 8	Vyšetrenie štrbinovou lampou (na obr. vpravo sa nachádza katarakta)[9]	9
Obrázok 9	Katarakta viditeľná pomoocou retroiluminácie[10]	9
Obrázok 10	Fotografia z triedy očí postihnutých kataraktou z datasetu Retina [14]	12
Obrázok 11	Fotografia zobrazujúca operáciu katarakty z Cataract Surgery datasetu [15]	13
Obrázok 12	Fotografia katarakty z ODIR datasetu [16]	13
Obrázok 13	Ukážková vzorka z RFMID [17]	14
Obrázok 14	Geometria červeného odrazu očí [18]	14
Obrázok 15	Fotografia s červeným odrazom očí [19]	15
Obrázok 16	Detegované hrany pomocou Cannyho algoritmu	17
Obrázok 17	Detegované kružnice pomocou Houghovej transformácie	17
Obrázok 18	Čiarové Haarove príznaky (prevzaté z [23])	18
Obrázok 19	Hranové Haarove príznaky (prevzaté z [23])	18
Obrázok 20	Stredový Haarov príznak (prevzaté [23])	18
Obrázok 21	Schéma kaskádového zapojenia klasifikátorov (upravené z [23])	19
Obrázok 22	Experiment 1 - zachytenie červeného odrazu prednou kamerou	20
Obrázok 23	Experiment 1 - zachytenie červeného odrazu zadnou kamerou	21
Obrázok 24	Experiment 2 - zachytenie červeného odrazu zadnou kamerou pomocou dávkového snímania	22
Obrázok 25	Experiment 3 - extrahovaná snímka z videa s červeným odrazom	22
Obrázok 26	UML diagram prípadov použitia	23
Obrázok 27	Vývojový diagram extrakcie zrenice	26

Tabuľka 1	Presnosť klasifikácie katarakty vybranými modelmi (upravené z [13])	11
Tabuľka 2	Knižnice na vyhotovovanie fotografií	24
Tabuľka 3	Rýchlosť vyhotovenia fotografie	25

Zoznam výpisov

Úvod

Zrak sa považuje za jeden z najdôležitejších zmyslových orgánov, pretože ním človek získava približne 80 % informácií zo svojho okolia. Oči sú orgán, ktorý reaguje na svetlo a umožňuje ľuďom orientovať sa v priestore, vnímať tvary a farby. Avšak, oči sú komplexným orgánom, ktorý môže byť postihnutý mnohými ochoreniami. Aj menšie poškodenia zraku môžu mať vplyv na kvalitu života človeka. Včasné diagnostika a liečba očných ochorení môžu zmierniť poškodenia a predchádzať úplnej strate zraku.

Ludské oko je nástrojom videnia, ktorý zachytáva obrazy a prenáša ich do mozgu. Šošovka, ktorá sa nachádza v prednej časti oka, je klúčovým orgánom pre videnie, pretože zmenšuje alebo zväčšuje svetlo, ktoré vstupuje do oka. Ochorenia šošovky môžu spôsobiť stratu zraku, preto je dôležité ich včas identifikovať a liečiť.

Sivý zákal je najčastejšie ochorenie šošovky. Prejavuje sa postupným zakalením šošovky, ktoré môže viesť k zhoršeniu videnia, rozmazanému obrazu, zmenšenému vnímaniu farieb, až po úplnú stratu zraku. Môže byť spôsobené starnutím, genetickými faktormi, žiareniom, chorobami a nadmerným užívaním alkoholu. Diagnózu stanovuje oftalmológ pomocou vizuálneho vyšetrenia a testov. Liečba sa uskutočňuje chirurgicky, pričom sa nahradí zakalená šošovka novou umelou šošovkou.

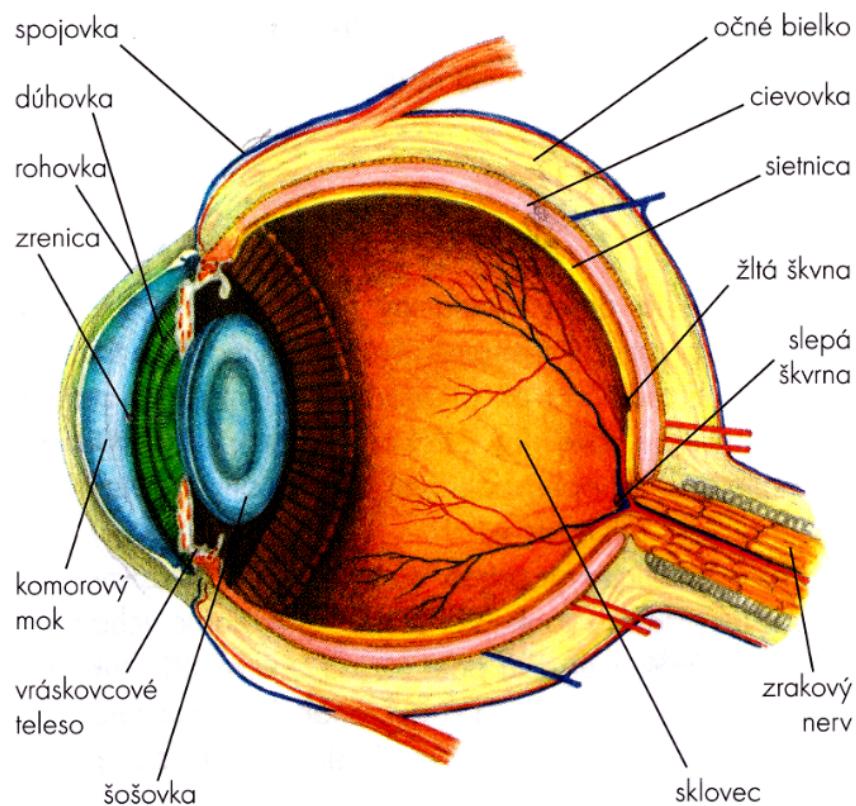
Cieľom tohto tímového projektu je vytvorenie mobilnej aplikácie, ktorá by mohla byť perspektívne použitá na vyhľadávanie sivého zákalu u používateľa. Aplikácia by používala zabudovaný fotoaparát a používateľ by si nasnímal svoje oko za rôznych svetelných podmienok a nastavení, ktoré by sa testovali v spolupráci s oftalmológom. Ďalej by sa nasnímaný obraz aplikáciou spracoval a mohol by byť použitý na ďalšie účely.

1 Analýza

V tejto kapitole sa zaoberáme definíciou a bližším vysvetlením základných pojmov nutných k pochopeniu problematiky. Ďalej tu popisujeme už existujúce práce, ktoré sa zaoberajú danou problematikou a algoritmov detekujúcich zrenice. Optimálny algoritmus bude použitý pri implementácii nášho riešenia.

1.1 Anatómia oka

Oko je orgán reagujúci na svetlo. V priebehu vývoja živočíchov došlo k výraznému rozvoju od svetlocitlivých orgánov reagujúcich iba na to, či svetlo je alebo nie je, až po „jednoduché“ oko u stavovcov (vrátane človeka) a hlavonožcov a zložené oko u článkonožcov. Ľudské oko je zložené z nasledujúcich častí:[1]



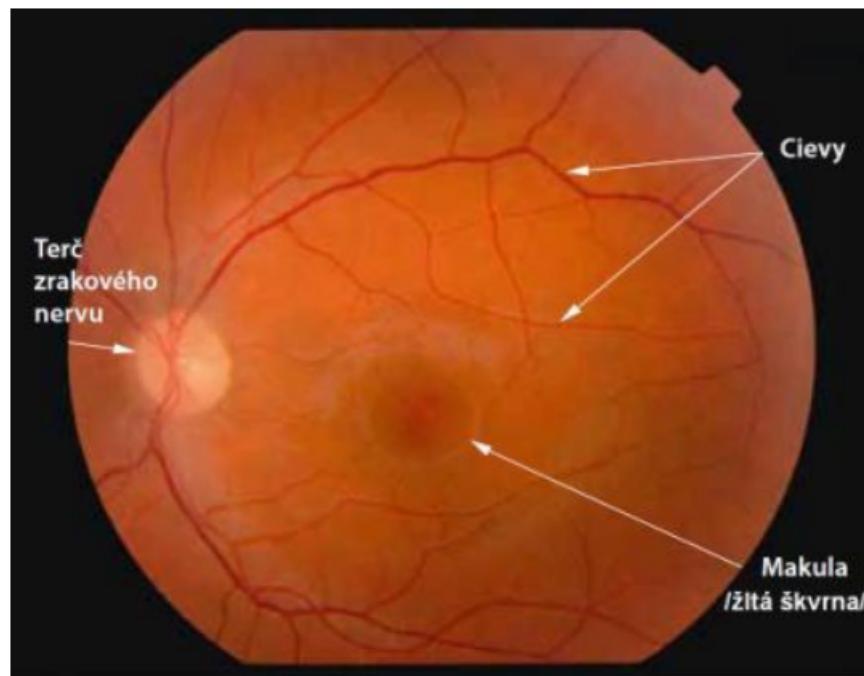
Obr. 1: Prierez oka [2]

- **spojovka:** je tenká, vlhká, dobre prekrvená sliznica, pokrývajúca povrch oka a vnútornú stranu viečok. Začína na vonkajšom okraji rohovky, pokrýva viditeľnú časť

vonkajšieho bielka a vystiela vnútorný povrch viečka až k jeho okraju. Priestor medzi okom a viečkom, ktorý je krytý spojovkou nazývame spojovkový vak.

- **rohovka**, externá vrstva oka, je vlhká vďaka slznej tekutine, ktorá ju pokrýva. Je zapustená do vrstvy známej ako skléra (biela časť oka). Rohovka funguje ako okno: má diskovitý tvar, je priehľadná a prepúšťa do oka svetlo. Takisto chráni oko pred vonkajšími vplyvmi, ako sú nečistoty, prach alebo povrchové poranenia. V prirodzenom stave je veľmi pružná. Vďaka svojmu zakriveniu má okrem toho optické vlastnosti a zohráva klúčovú úlohu pritom, že nám pomáha vidieť jasne.
- **bielko**: je hrubšie a pevnejšie ako rohovka a chráni tak oko pred jeho poškodením. Prakticky pokrýva celé oko až na dve výnimky: vpredu je zapustená rohovka a vzadu sa nachádzajú očné nervové vlákna.
- **zrenica**: je čierna bodka uprostred ľudského oka. Reaguje na dopadajúce svetlo a prispôsobuje sa jeho intenzite. Neumožňuje to samotná zrenica, ale dúhovka. Veľkosť našich zreníc môže ovplyvňovať aj nás emocionálny stav. Napríklad strach a veľká radosť môžu spôsobať rozširovanie zreníc, zatiaľ čo ich veľkosť sa mení aj pôsobením alkoholu a drog.
- **dúhovka**: farebný kruh, obklopuje zrenicu a funguje rovnako ako clona: riadi množstvo svetla, ktoré vstupuje do oka. V svetlom prostredí zabezpečuje, aby bola zrenica menšia, a dovnútra tak prepúšťa menej svetla. Za tmy dochádza k pravému opaku: zvierací zrenice sa otvorí a zrenica sa rozšíri. Zabezpečuje tak, aby do oka mohlo prenikať viac svetla v tme a menej svetla v svetlých prostrediach. Dúhovka tiež určuje farbu našich očí a pri každom z nás má jedinečnú štruktúru. Je pomenovaná po gréckej bohyni dúhy. Zaujímavým faktom je, že farba dúhovky nemá absolútne žiadny vplyv na zrak. Človek s hnedými očami nevidí svet „tmavšie“ ako niekto so svetlejšími očami, napr. modrými.
- **šošovka**: zachytáva svetlo vstupujúce do zrenice, čím zabezpečuje ostrý obraz na sietnici. Je elastická a pomocou ciliárneho svalu dokáže meniť svoj tvar. To jej umožňuje zaostrovať na objekty v krátkej aj veľkej vzdialosti. To znamená, že keď sa pozeraeme na blízke objekty, šošovka sa zakriví, aby sme mohli vidieť jasne. Pri vzdialenejších objektoch sa však sploštuje, aby sme opäť mohli vidieť jasne. Šošovka prevracia obraz, ktorý vidíme, a na sietnici ho vizualizuje zozadu dopredu. Obraz sa správne otáča až pri neskoršom spracovaní mozgom.

- **sklovec:** vypĺňa vnútorný priestor oka medzi šošovkou a sietnicou. Tento priestor tvorí väčšinu oka a ako už napovedá názov, sklovec predstavuje základnú časť oka. Je priehľadný a z 98 % sa skladá z vody a zvyšné 2 % obsahujú kyselinu hyalurónovú a kolagénové vlákna.
- **sietnica:** spracúva svetlo a farebné podnety a odovzdáva ich do mozgu prostredníctvom zrakového nervu. V skratke, sietnica pôsobí ako katalyzátor. Pomocou svojich senzorických buniek konvertuje dopadajúce svetlo, ktoré následne spracúva mozog. Tieto senzorické bunky pozostávajú z čapíkov (na videnie farieb) a tyčinek (na rozlišovanie svetla a tmy). Nikde inde v oku nie sú tak husto usporiadane ako v strede sietnice alebo v makule. Približne 95 % všetkých senzorických buniek sa nachádza na ploche velkosti asi 5 štvorcových milimetrov. To je zhruba veľkosť hlavičky špendlíka.



Obr. 2: Sietnica [3]

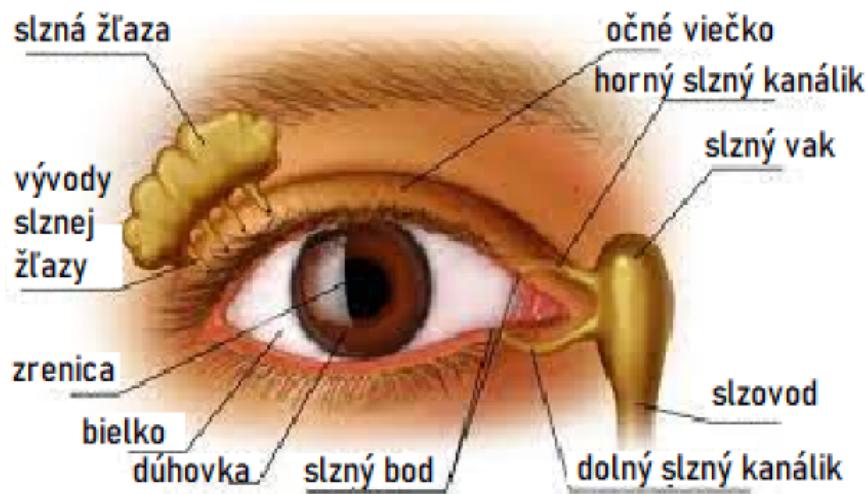
- **zrakový nerv:** má na starosti prenášanie informácií zo sietnice do mozgu. Skladá sa z približne jedného milióna nervových vláken (axónov), má hrúbku asi pol centimetra a vychádza zo sietnice cez papilu. Tento bod sa označuje aj „slepá škvRNA“, pretože sietnica tu nemá žiadne senzorické bunky. Preto je obraz vytváraný mozgom v

skutočnosti čierou bodkou – naše malé sivé bunky bežne vykonávajú príslušnú kompenzáciu, aby bol obraz konzistentný. Tento bod však zvyčajne vedome nevnímame, pretože mozog túto chybu „dopĺňa“.

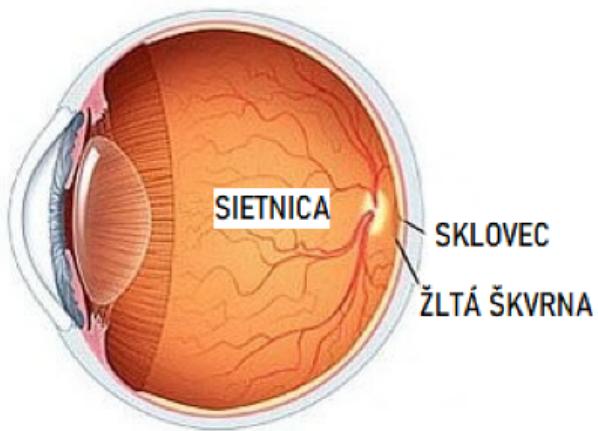
- **žltá škvRNA:** je miesto na očnej sietnici, kde je najväčšia hustota čapíkov a teda aj najostrejsie videnie. Obraz, na ktorý sa človek pozera kolmo, sa premieta práve do tohto bodu.
- **komorový mok:** Ludské oko má prednú a zadnú komoru. Sú to priestory v prednom segmente oka, ktoré obsahujú komorový mok. Táto tekutina obsahuje hlavné živiny pre šošovku a rohovku. Zásobuje ich kyslíkom a pomáha im bojať s patogénmi. Komorový mok v očných komorách má aj ďalšiu funkciu: pomáha oku udržiavať si svoj tvar.

1.1.1 Segmenty oka

Oko sa delí na predný a zadný segment. Predný segment môžeme pozorovať na obrázku č.3 nižšie.



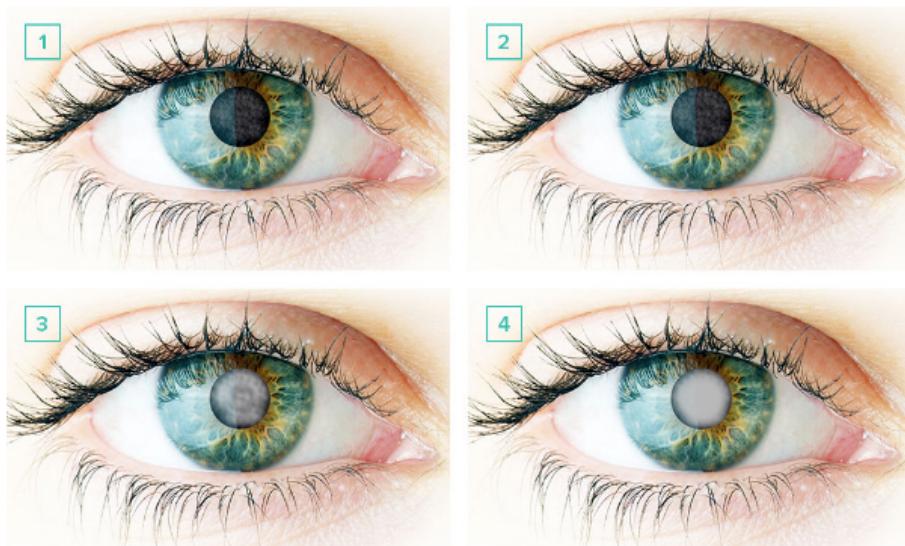
Obr. 3: Predný segment oka [4]



Obr. 4: Prierez oka [5]

1.2 Sivý zákal

Sivý zákal - známy tiež ako Katarakta, je očné ochorenie, pri ktorom dochádza k skaleniu a strate priehľadnosti pôvodne kryštalicky čírej očnej šošovky. Šošovka sa vekom postupne kalí a farbí dožlta či dosiva. Do oka sa tak nedostáva dostatok svetla potrebného pre tvorbu ostrého a správne farebne interpretovaného obrazu. Sivý zákal sa časom zhoršuje a ak sa neodstráni, môže prerásť až do slepoty. Podľa Svetovej zdravotníckej organizácie (WHO) je katarakta celosvetovo najčastejšou príčinou slepoty s podielom až 51 % zo všetkých prípadov slepoty.[6]



Obr. 5: Priebeh katarakty [6]

1.2.1 Príznaky

Najčastejšími príznakmi katarakty sú:

- zhoršenie ostrosti videnia,
- zhoršenie kontrastnej citlivosti,
- zdvojené videnie,
- pokles farebného videnia,
- zhoršené videnie v noci,
- častá zmena dioptrií,
- zvýšená citlivosť na svetlo a oslnenie.



Obr. 6: Príklad katarakty [7]

1.2.2 Príčiny vzniku

Vo väčšine prípadov vzniká katarakta prirodzeným starnutím očnej šošovky. Značný stupeň jej zakalenia sa prejavuje u každého druhého človeka vo veku nad 65 rokov a až u približne 70 % ľudí vo veku nad 75 rokov. Rozvinúť sa však môže aj skôr ako v seniorskom veku.

Okrem veku môžu byť príčinou vzniku sivého zákalu tiež:

- celkové ochorenia – napr. cukrovka, roztrúsená skleróza či reuma,

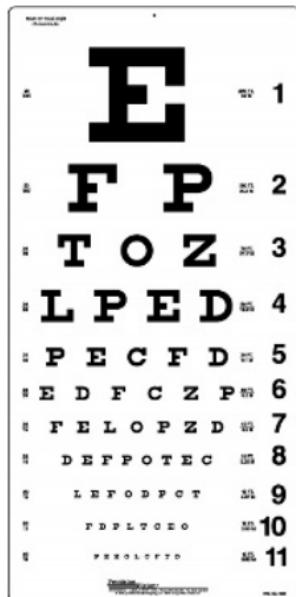
- iné očné ochorenia – napr. glaukóm či zápal dúhovky,
- úraz oka,
- nadmerná konzumácia alkoholu,
- slnečné žiarenie,
- fajčenie,
- dlhodobé užívanie niektorých druhov liekov – napr. kortikosteroidov,
- genetika.

1.2.3 Diagnostika

Sivý zákal sa zistuje očným vyšetrením, pri ktorom lekár kontroluje tiež anamnézu a príznaky, ktoré sa prejavujú u pacienta. Pri vyšetrení sa môže použiť niekoľko spôsobov, napríklad:

Skúška zrakovej ostrosti

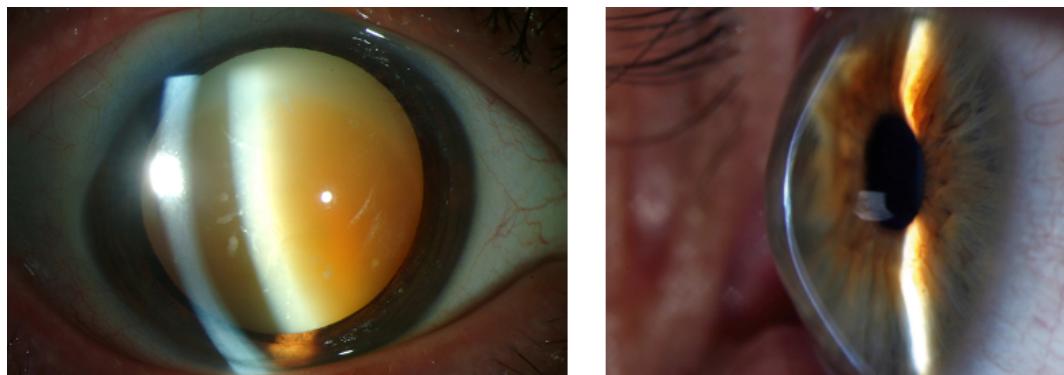
Na test zrakovej ostrosti sa používajú Snellenove tabuľky s písmenami či znakmi, ktoré sú zoradené v riadkoch, pričom každý riadok smerom nadol je s menšími písmenami v porovnaní s predchádzajúcim riadkom.



Obr. 7: Snellenove tabuľky [8]

Vyšetrenie štrbinovou lampou

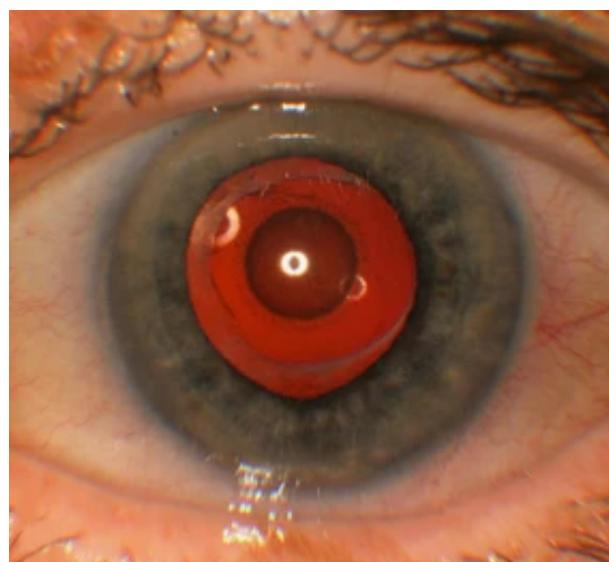
Štrbinová lampa umožňuje očnému lekárovi vidieť zväčšenie štruktúr v prednej časti oka. Zariadenie využíva intenzívnu líniu svetla - štrbinu, na osvetlenie vašej rohovky, dúhovky, šošovky a priestoru medzi dúhovkou a rohovkou. Štrbina umožňuje lekárovi prezerať tieto štruktúry v malých častiach, čo uľahčuje detekciu akýchkoľvek drobných abnormalít.



Obr. 8: Vyšetrenie štrbinovou lampou (na obr. vpravo sa nachádza katarakta)[9]

Vyšetrenie sietnice

Vyšetrenie zadnej časti oka – sietnice sa vykonáva pomocou štrbinovej lampy alebo oftalmoskopom. Pred samotným vyšetrením je potrebné rozšíriť zreničky, čo sa robí kvapkaním špeciálnych očných kvapiek.



Obr. 9: Katarakta viditeľná pomoocou retroiluminácie[10]

1.2.4 Liečba

Konzervatívna liečba katarakty neexistuje, očné kvapky či cvičenia nemajú na zmiernenie ochorenia nijaký účinok. Sivý zákal je možné odstrániť jedine chirurgicky. Operácia býva prou voľbou už v ranom štádiu ochorenia, v prípade jej odkladania hrozia vážnejšie predoperačné i pooperačné komplikácie.

Operácia sivého zákalu resp. sivého zákalu je pomerne jednoduchý výkon, ktorý každoročne podstupujú milióny ľudí. Patrí zároveň medzi najbezpečnejšie operácie vôbec. Počas zákroku dôjde k vybratiu zakalenej šošovky a jej nahradeniu novou, čírou, umelou šošovkou.

1.3 Prehľad existujúcich prác

Mobile Cataract Screening App Using a Smartphone Zu Quan Ik a kolektív [11] skúmali možnosti detektie katarakte z fotografií zachytených smartfónom pomocou červeného odrazu. Pri pokusoch boli využité smartfóny s tromi druhmi blesku (xenónový, LED a dvojitý LED blesk). Zu Quan Ik tvrdí, že pre zachytenie červeného odrazu je dôležité rozšírenie zrenice, trvanie blesku, intenzita svetla, osvetlenie prostredia, uhol kamery a vzdialenosť. Pomocou zadného fotoaparátu bol dosiahnutý najlepší výsledok pri vzdialosti 60 cm v priamom frontálnom uhle (angl. *direct frontal angle*). Predný fotoaparát mal nedostatočné vlastnosti pre vznik červeného odrazu, pričom, ako zdroj svetla bola použitá biela obrazovka smartfónu (angl. *torch mode*). V tejto práci nie je vypracovaná klasifikácia katarakte, len zachytenie červeného odrazu oka [11].

MTCD: Cataract Detection via Near Infrared Eye Images Pavani Tripathi a kolektív [12] sa zaoberali detekciou katarakte pomocou NIR (angl. *near infrared*) svetelného spektra. Práca navrhuje možnosť využitia NIR kamery pre detekciu katarakte v porovnaní s tradičnou metódou diagnostiky pomocou štrbinovej lampy. NIR je dostupná a minimalizuje potrebnú odbornosť. NIR svetelné spektrum svetla má dlhšie vlnové dĺžky ako viditeľné spektrum [12].

Smartfóny nezachytávajú NIR svetelné spektrum a teda toto riešenie nie je možné realizovať ako mobilnú aplikáciu.

Automated Cataract Grading using Smartphone Images by Mona Nasirzonouzi Mona Nasirzonouzi [13] sa zaoberala klasifikáciou katarakte podľa štádia choroby. V práci je použitý dataset *IITD Cataract Mobile Periocular (CMP)*, ktorý obsahuje dvojice fotiek s kataraktou pred operáciou a po operácií. Fotografie boli zachytené mobilným fotoaparátom. V práci bola navrhnutá 4-vrstvová konvolučná neurónová sieť. V práci boli

využité CNN (VGG-16, Inception V3, ResNet-101) a SVM klasifikátor nad extrahovanými príznakmi zo CNN ResNet-101. V tabuľke č.1 sú priemerné presnosti jednotlivých modelov [13].

Model	CNN	VGG-16	Inception v3	ResNet-101	SVM s ResNet-101
Priemerná presnosť(%)	84,67	87,64	84,67	89,62	87,14

Tabuľka 1: Presnosť klasifikácie katarakty vybranými modelmi (upravené z [13])

1.4 Existujúce datasety

Požiadavkou nami vyvíjanej aplikácie je rozpoznávanie sivého zákalu na základe fotografie červeného odrazu nasnímaného pomocou smartfónu. Na realizáciu rozpoznávania bude využitá technológie strojového učenia. Efektívnymi nástrojmi na rozpoznávanie a klasifikovanie obrázkov sú konvolučné neurónové siete, angl. Convolutional Neural Networks (CNN). Vstupom tejto siete je množina obrázkov (dataset), na ktorých sa navrhnutá sieť natrénuje.

Obrázky vhodné na predspracovanie datasetu pre našu sieť by mali mať tieto vlastnosti:

- zachytenie oboch očí,
- zachytenie červeného odrazu fotoaparátom s bleskom,
- dostatočné rozlíšenie (aspoň full HD),
- malý odraz blesku v zrenici,
- žiadne prekrytie zrenice.

Obrázky s týmito vlastnosťami sú predspracované, tak aby z nich boli extrahované iba zrenice očí s červeným odrazom. Takto extrahované obrázky vytvoria dataset pre našu konvolučnú neurónovú siet. Dataset by mal obsahovať vyvážený počet vzoriek očí postihnutých sivým zákalom a zdravých očí.

V nasledujúcej časti analyzujeme už existujúce datasety s obrázkami, na ktorých sú zachytené oči postihnuté sivým zákalom a popíšeme ich vhodnosť pre riešenie našej problematiky.

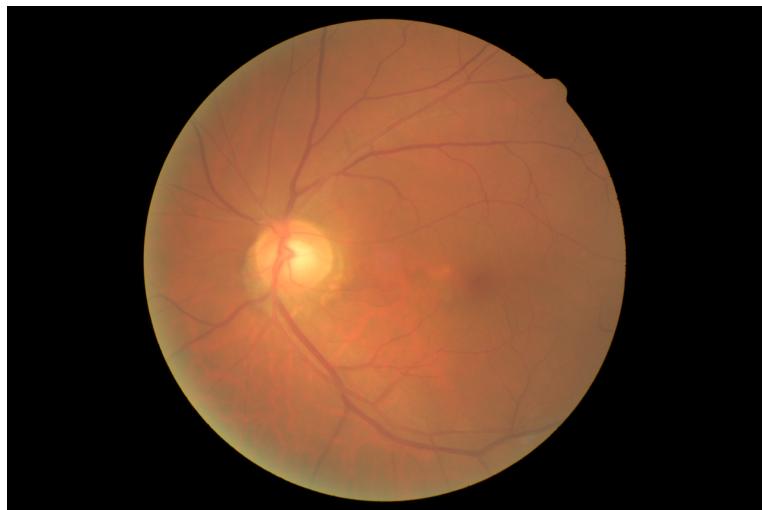
1.4.1 Retina Dataset

Retina dataset obsahuje obrázky oka kategorizované do 4 tried:

- zdravé oko,

- oko postihnuté sivým zákalom,
- oko postihnuté zeleným zákalom,
- oko postihnuté ochoreniami sietnice.

Tento dasaset je pre nás nepoužiteľný, pretože obrázky nesplňajú nami definované vlastnosti. Konkrétnie tu nie je snímaný červený odraz pomocou fotoaparátu s bleskom, ale pomocou fundus kamery a taktiež nie sú zachytené obidve oči.



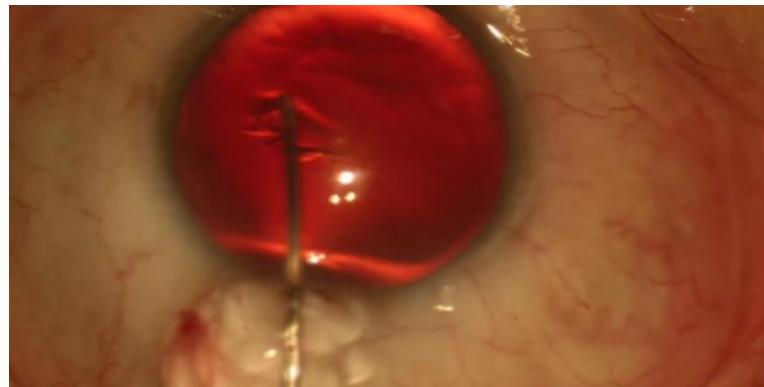
Obr. 10: Fotografia z triedy očí postihnutých kataraktou z datasetu Retina [14]

1.4.2 Cataract Surgery Dataset

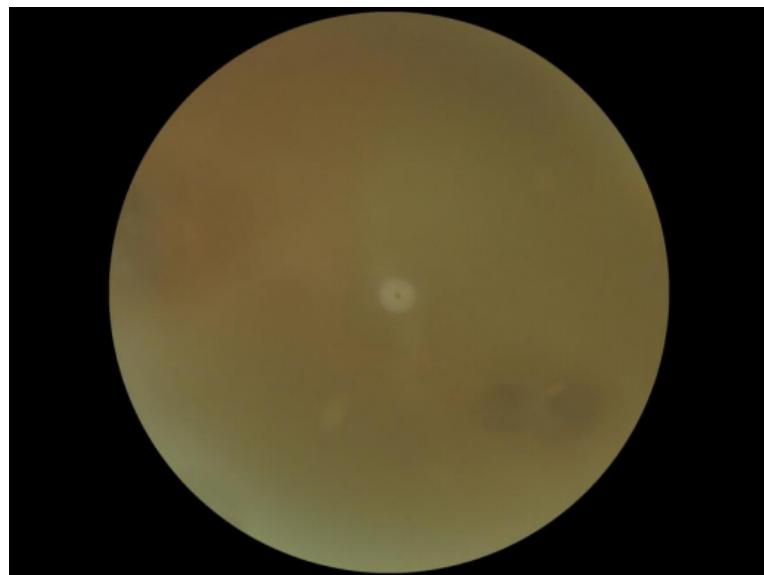
Je to dataset obrázkov a videí, ktoré vznikli počas operácie sivého zákalu. Pôvodne bol tento dataset použitý na vytvorenie neurónovej siete na detekciu nástrojov použitých lekármi pri operácii. Na jednotlivých obrázkoch vidieť červený odraz oka, lenže tieto obrázky nie sú zachytené fotoaparátom smartfónu. Taktiež pri tejto operácii sú zrenice pacienta rozšírené roztokom, čo by nezodpovedalo nasnímaniu červeného odrazu za znížených svetelných podmienok. Vo väčšine obrázkov sú zrenice pacienta prekryté nástrojmi lekára. Kvôli týmto faktorom je pre nás táto množina obrázkov nepoužiteľná.

1.4.3 Ocular Disease Intelligent Recognition (ODIR) dataset

V tomto datavere sú obrázky rozličných ochorení oka a bol zhrozený za účelom klasifikácie týchto chorôb do tried pomocou neurónovej siete. Fotografie zachytávajú očné pozadie a sú zhrozené prostredníctvom fundus kamery, preto tento dataset, rovnako ako pri Retina datavere, nemôžeme použiť v našej neurónovej sieti.



Obr. 11: Fotografia zobrazujúca operáciu katarakty z Cataract Surgery datasetu [15]

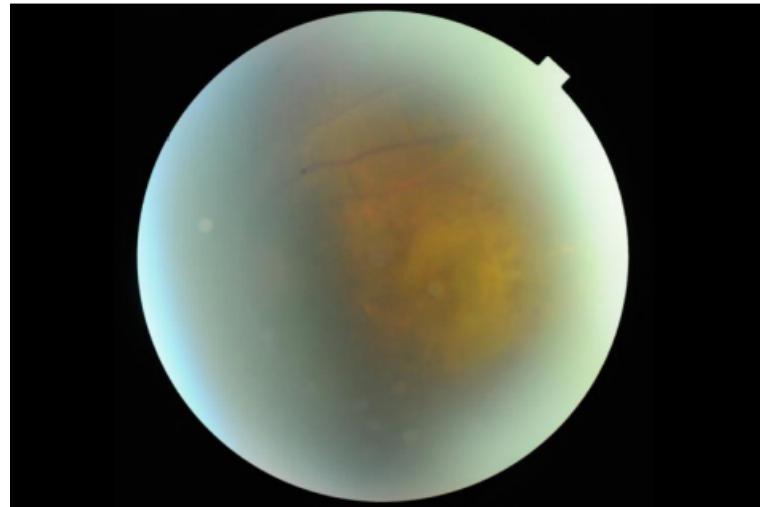


Obr. 12: Fotografia katarakty z ODIR datasetu [16]

1.4.4 Retinal Fundus Multi-Disease Image Dataset (RFMID)

RFMID obsahuje obrázky 46 rôznych ochorení oka. Aj v tomto datasete boli fotografie vyhotovené fundus kamerou, preto ich nevieme využiť.

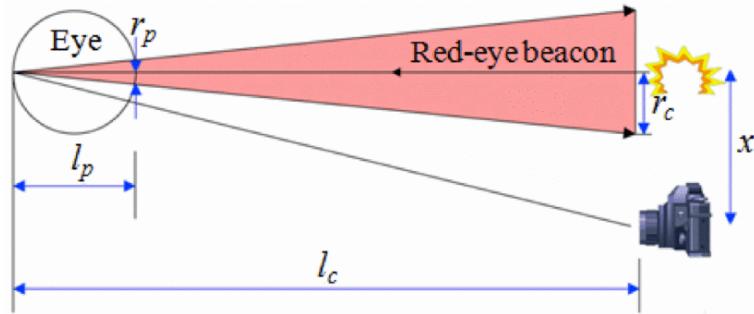
Z existujúcich datasetov sme nenašli žiadny, ktorý by vynoval našim špecifickým požiadavkám. Preto sme dospeli k rozhodnutiu vytvoriť si vlastný dataset. Na jeho vytvorenie budeme potrebovať mobilnú aplikáciu na zaznamenanie červeného odrazu očí. Vytvorenie bude realizované v spolupráci s MUDr. Veronikou Kurilovou, PhD., ktorá touto aplikáciou získa vzorky od svojich pacientov.



Obr. 13: Ukážková vzorka z RFMID [17]

1.5 Červený odraz

Červený odraz oka je jav, pri ktorom sa svetlo vstupujúce do oka, odráža od sietnice v zadnej časti oka a vytvára červenú žiaru. Je to spôsobené krvnými cievami v sietnici, ktoré dodávajú odrazenému svetlu červenú farbu. Tento jav je možné pozorovať aj pri fotografovaní predovšetkým počas tmy, kedy sú zrenice zväčšené. Príklad takejto fotografie je možno vidieť na Obr. 15. Väčšina fotoaparátov a moderných smartfónov sa snaží efekt



Obr. 14: Geometria červeného odrazu očí [18]

červených očí potláčať špecifickým nastavením blesku alebo prípadným aplikovaním funkcie na redukciu červených očí (angl. red eyes). Efekt červených očí na fotografiách vzniká v dôsledku náhľeho rozsvietenia blesku fotoaparátu, ktorému sa zrenice nestihnú včas prispôsobiť.



Obr. 15: Fotografia s červeným odrazom očí [19]

Vzťah 1 opisuje geometrickú situáciu na Obr. 14, v ktorej sa vyskytuje jav červených očí. Svetlo odrazené od oka tvorí svetelný lúč červených očí (angl. red-eye beacon). V prípade, že snímač fotoaparátu sa nachádza vo vnútri svetelného lúča, teda platí vzťah

$$x < r_c/2 \quad (1)$$

kde x je vzdialenosť medzi snímačom fotoaparátu a bleskom, a r_c je polomer svetelného lúča v pozícii fotoaparátu.

Polomer svetelného lúča v pozícii fotoaparátu, r_c je vyjadrený ako

$$r_c = r_p * l_c / l_p \quad (2)$$

kde l_p , l_c a r_p označujú priemer očnej gule, vzdialenosť medzi okom a fotoaparátom, a polomer zreničky. V prípade, že l_c berieme ako konštantu, tak r_c je úmerné l_p a l_c . Zo vzťahov 1 a 2, je možné poznamenať, že efekt červených očí sa vyskytuje najčastejšie, keď x je malé a hodnoty l_p a l_c sú veľké [18].

1.6 Algoritmy na extrakciu

V tejto časti je definovaný Cannyho algoritmus, Houghova transformácia a Haarov kaskádový klasifikátor.

Haarov kaskádový klasifikátor vynášli Paul Viola a Michael Jones [20] v roku 2001. Prvýkrát ho použili na detekciu tváre na obrázkoch.

Cannyho algoritmus bol vynájdený Johnom Cannym [21] v roku 1986. Cannyho algoritmus je dôležitý preto, že je jedným z najpoužívanejších metód na detekciu hrán v

obrazoch. Má vynikajúcu schopnosť rozlišovať medzi skutočnými hranami a šumom, čo je dôležité pre mnoho aplikácií v počítačovom videní, ako napríklad sledovanie pohybu, rozpoznávanie tvári a rozpoznávanie objektov [21].

Houghova transformácia sa používa na konverziu bodov z priestoru obrazu do priestoru parametrov. V priestore parametrov sa potom hľadajú maximá, ktoré predstavujú geometrické tvary v obraze. Houghova transformácia bola prvýkrát predstavená v roku 1962 Paulom Houghom [22].

1.6.1 Cannyho algoritmus a Houghova transformácia

Ako prvotné riešenie na vyhľadávanie očí v obraze sme sa rozhodli implementovať Cannyho algoritmus na detekciu hrán spoločne s Houghovou transformáciou.

Cannyho algoritmus

Jedná sa o algoritmus zahŕňajúci niekoľko krokov pre získanie čo najlepšieho výsledku pri detekcii hrán v dvojrozmernom diskrétnom obraze. Parametre pre Cannyho algoritmus je maximálny a minimálny prah (angl. *threshold*), ktoré nám ohraničujú detegované hrany.

Cannyho algoritmus tiež poskytuje vysokú presnosť detekcie hrán a zároveň minimalizuje počet falošných pozitívnych výsledkov. Algoritmus tiež umožňuje nastavenie prahu pre detekciu hrán, čo umožňuje prispôsobenie detekcie hrán pre rôzne typy obrazov a aplikácií [21].

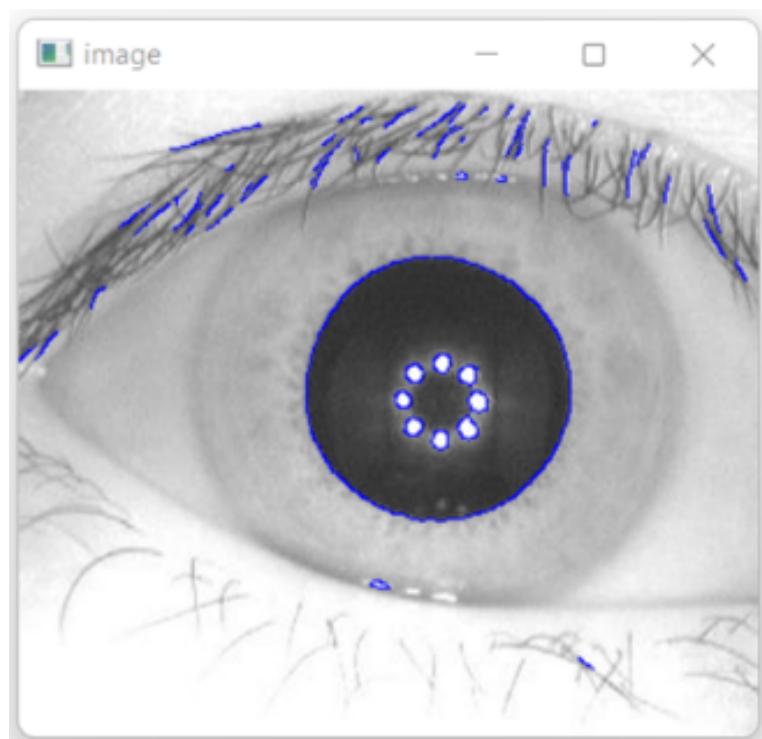
Houghova transformácia

Houghova transformácia je metóda pre detekciu geometrických tvarov v obraze. Je to matematický algoritmus, ktorý umožňuje nájsť parametre geometrického tvaru, napríklad priamku, kružnicu, či elipsu, ktoré najlepšie vystihujú zhluhy bodov v obraze [22].

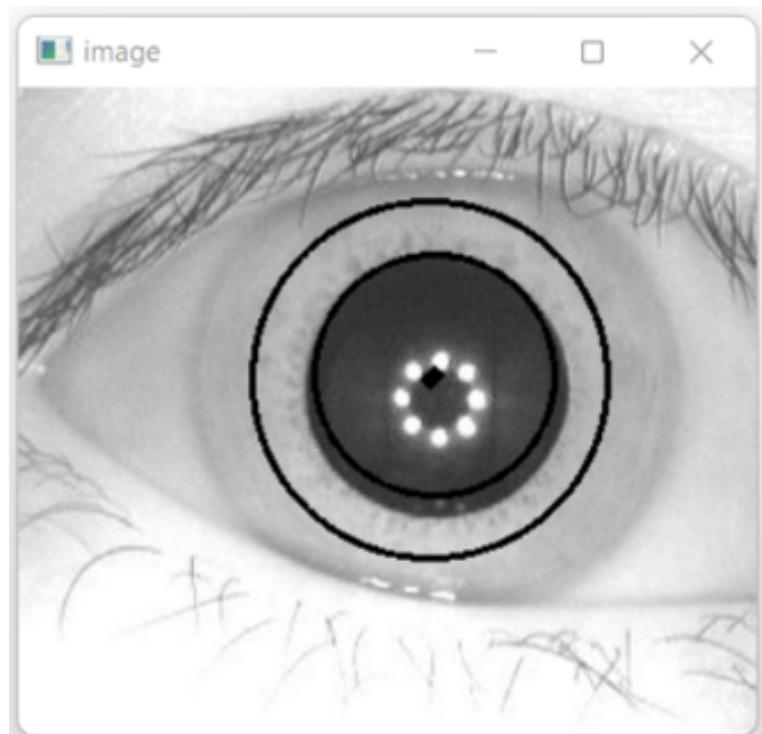
Pri implementácii je nutné poznať analytický popis tvaru hľadaného objektu. Používa sa predovšetkým na segmentáciu objektov, ktorých hranice sa dajú popísat jednoduchými krivkami. Hlavnou výhodou tejto metódy je robustnosť voči nepravidelnostiam a porušeniu hľadanej krivky.

Úlohou tejto funkcie v našom projekte bolo nájsť kružnice v danom obrázku. Pri vstupe dostáva 6 nastaviteľných parametrov, pričom jedným z nich sú hrany detegované Cannyho algoritmom.

Pri testovaní tejto implementácie sme však narazili na problém, kedy bolo potrebné



Obr. 16: Detegované hrany pomocou Cannyho algoritmu



Obr. 17: Detegované kružnice pomocou Houghovej transformácie

pre každý obraz nastavovať parametre funkcií príliš individuálne. Preto sme sa rozhodli tento spôsob nepoužiť.

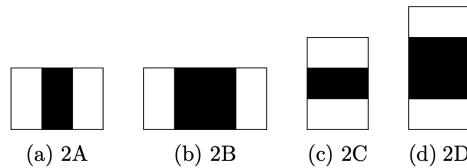
1.6.2 Haarov kaskádový klasifikátor

Haarov kaskádový klasifikátor je založený na Haarových príznakoch a kaskáde klasifikátorov. Na začiatku trénovacieho procesu sú vygenerované Haarove príznaky. Tieto príznaky sú odvodené od niekolkých obdlžníkov, ktoré sa delia podľa typu informácie, ktorá má byť s ich pomocou detegovaná na: hranové príznaky (obrázok 19) , čiarové príznaky (obrázok 18)a na príznaky stredové (obrázok 20) [23].

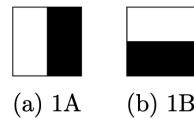
Biela obdlžníková oblast má stanovenú váhu $w_0 = -1$ a váha čiernej obdlžníkovej oblasti je vypočítaná ako podiel plôch bielej a čiernej oblasti. Hodnota príznaku sa rovná jeho odozve na vstupný obraz a je vypočítaná zo vzťahu:

$$f(x) = w_0 * r_0 + w_1 + r_1, \quad (3)$$

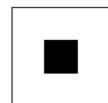
kde $f(x)$ je odozva Haarovho príznaku na vstupnú snímku x , w_0 je váha bielej obdlžníkovej oblasti r_0 , w_1 je váha čiernej obdlžníkovej oblasti r_1 [23].



Obr. 18: Čiarové Haarove príznaky (prevzaté z [23]).



Obr. 19: Hranové Haarove príznaky (prevzaté z [23]).



Obr. 20: Stredový Haarov príznak (prevzaté [23]).

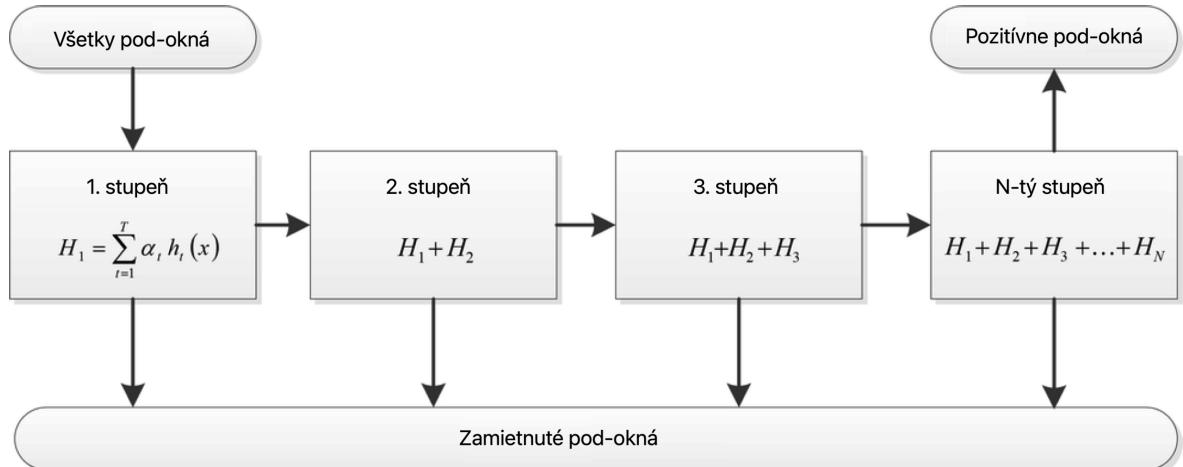
Kaskáda klasifikátorov je zostavená z určitého počtu stupňov, kde každý stupeň kaskády obsahuje určitý počet slabých klasifikátorov. Každý stupeň kaskády je vlastne silný monolitický nelineárny klasifikátor , ktorý má svoju prahovú hodnotu , podľa ktorej je rozhodnuté, či aktuálne pod-okno je pozitívou alebo negatívou snímkou. Nasledujúca rovnica popisuje funkciu silného klasifikátora:

$$H(x) = 1 \text{ ak } \sum_{t=1}^T \alpha_t * h_t(x) \geq P \quad (4)$$

$$H(x) = 0 \text{ inak}, \quad (5)$$

kde α_t je váha slabého klasifikátora h_t . Účelom kaskády je výrazne urýchliť dobu detekcie hľadaného objektu. Pri detekcii objektov vo vstupnom obraze je spracovávané veľké množstvo pod-okien. Každý stupeň kaskády je navrhnutý tak, aby poslal na ďalšie spracovanie pozitívne pod-okná na nasledujúci stupeň kaskády a zároveň, aby zamietol nejaké množstvo negatívnych pod-okien. Obrázok 21 zobrazuje zapojenie silných klasifikátorov do kaskády. Prvý stupeň kaskády by mal obsahovať len niekoľko klasifikátorov a mal by zamietnuť čo najviac podokien [23].

Nasledujúci stupeň kaskády vždy obsahuje všetky slabé klasifikátory zo stupňa predchádzajúceho. Kaskáda by mala byť natrénovaná tak, aby dosahovala vysokú úspešnosť detekcie a zároveň nízky počet falošne pozitívnych detekcií.



Obr. 21: Schéma kaskádového zapojenia klasifikátorov (upravené z [23]).

2 Návrh

2.1 Experimenty

Cieľom experimentov bolo zachytiť červený odraz s úspešnosťou a kvalitou, ktorá je vhodná na diagnostiku katarakty. Červený odraz oka je možné nasnímať za špecifických podmienok. Problém pri jeho nasnímaní pomocou smartfónu je, že nie je možné nastaviť trvanie blesku, ktoré je dôležité.

Princípom prvého experimentu bolo nasnímanie červeného odrazu pomocou aplikácie Fotoaparát aj prednou, aj zadnou kamerou. Prostredie bolo tmavé, pričom zdroj svetla bol za snímaním subjektom a smartfón bol vzdialenosť približne 30cm od oka.

Predná kamera nezachytila červený odraz, pričom experiment bol realizovaný 20 krát a zdroj svetla bola predná, biela obrazovka (angl. *torch mode*). Pri tomto experimente sa vyskytol problém s kvalitou snímok vzhľadom na to, že predná kamera nemala dostatočné rozlíšenie na kvalitné nasnímanie oka. Ďalší problém bol s odrazom svetla od zrenice oka. Ako blesk, zdroj svetla, slúžila obrazovka smartfónu a na zrenici vznikol veľký odraz svetla. Výslednú snímku je na Obr. 22.



Obr. 22: Experiment 1 - zachytenie červeného odrazu prednou kamerou

Snímanie zadnou kamerou bolo úspešnejšie, avšak podmienky na zachytenie červeného odrazu boli pre používateľa nie veľmi jednoduché a pochopiteľné. Najskôr bolo potrebné zaznamenať čas, ako dlho svieti blesk v danom prostredí, predtým než sa zachytí snímka. Potom bolo potrebné, aby mal subjekt zatvorené oči počas toho ako blesk svietil a tesne pred zachytením snímky ich otvoril. Týmto spôsobom sa nám sice červený odraz podarilo zachytiť, ale úspešnosť zachytenia červeného odrazu bola približne len 20%.



Obr. 23: Experiment 1 - zachytenie červeného odrazu zadnou kamerou

Princípom druhého experimentu bolo dávkové snímanie pomocou vstavanej aplikácie smartfónu. Bol využitý zadný fotoaparát, pričom počas experimentu sa zúčastnil subjekt a asistent, ktorý zachytil subjektov červený odraz. Experiment bol realizovaný v tmavom prostredí. Pred samotným experimentom mal subjekt zatvorené oči počas určitej doby s cieľom rozšírenia zreníc. Vzdialenosť smartfónu bola približne 30cm. Asistent zapol blesk. Na pokyn otvoril subjekt oči a bol zachytený červený odraz s lepšou úspešnosťou v porovnaní s prvým experimentom. Rozlíšenie fotografií bolo 3000x4000. Experiment sa opakoval desaťkrát. Bolo úspešných približne 50% týchto experimentov, pričom pri najúspešnejšom experimente sa podarilo zachytiť 7 fotografií s červeným odrazom. Hardvér a softvér smartfónu má vplyv na rýchlosť dávkového snímania. Na Obr. 24 je zachytený červený odraz pomocou dávkového snímania.

Princípom tretieho experimentu bolo natočenie videa pomocou vstavanej aplikácie smartfónu. Bola využitá zadná kamera, pričom počas experimentu sa zúčastnil subjekt a asistent, ktorého úlohou bol zachytiť červený odraz. Experiment bol v tmavom prostredí. Subjekt a asistent vykonal rovnaký postup ako pri druhom experimente. Rozlíšenie videa



Obr. 24: Experiment 2 - záchytenie červeného odrazu zadnou kamerou pomocou dávkového snímania

bolo 1080x1920 pri 30 snímkach za sekundu. Z výsledného videa boli extrahované fotografie, pričom 9 z nich obsahovali červený odraz. Na obrázku 25 je extrahovaná snímka z videa s červeným odrazom.

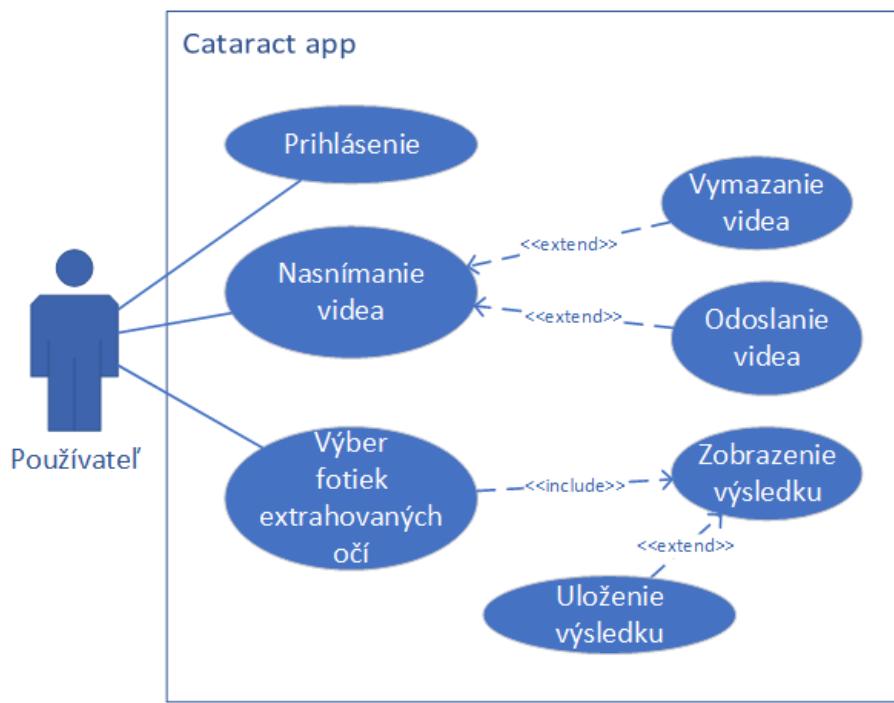


Obr. 25: Experiment 3 - extrahovaná snímka z videa s červeným odrazom

Zo skôr popísaných experimentov považujeme ako najúspešnejší posledný experiment. Pri tomto experimente bolo možné získať najväčší počet snímok s červeným odrazom s dostatočnou úspešnosťou a kvalitou.

2.2 UML diagram prípadov použitia

Na Obr. 26 je zobrazený UML diagram, zobrazujúci funkcionality z pohľadu používateľ.



Obr. 26: UML diagram prípadov použitia

2.3 Prieskum knižníc

Podľa nášho návrhu aplikácie, bude aplikácia vyhodnocovať katarakty zo snímky, na ktorej má používateľ červené pozadie oka. Prvým krokom bolo nájsť vhodné riešenie na zachytávanie snímok, na ktorých sa toto červené pozadie nachádza. Ako sme už uviedli v sekcií 2.1, skúšali sme viaceré prístupy a hľadali sme knižnice, ktoré by splňali špecifikácie pre tieto riešenia.

Z nášho výskumu sme vedeli, že pre zachytenie červeného pozadia z fotografie je potrebné zapnúť blesk intenzívne a to len na zlomok sekundy. Našli sme viaceré knižnice (Tabuľka č. 2), ktoré vedeli zachytávať fotografie, avšak niektoré z nich boli zastarané (angl. deprecated) a v žiadnej z nich sa nedala nastaviť intenzita blesku, či dĺžka počas ktorej by bol blesk zapnutý.

<i>Názov knižnice</i>	<i>Deprecated</i>	<i>Hodnotenie</i>	<i>Možnosť nastavenia blesku</i>	<i>Platforma</i>
<i>Expo Camera</i>	Nie	4.4	Nie	React Native
<i>React Native Image Picker</i>	Nie	4.6	Nie	React Native
<i>React Native Camera</i>	Áno	4.6	Nie	React Native
<i>React Native Camera Roll</i>	Nie	4.7	Nie	React Native
<i>React Native Vision Camera</i>	Nie	2.3	Nie	React Native
<i>React Native Customized Image Picker</i>	Áno	-	Nie	React Native
<i>CameraX</i>	Nie	-	Nie	Kotlin

Tabuľka 2: Knižnice na vyhotovovanie fotografií

Kvôli týmto zisteniam sme sa rozhodli pristúpiť k inému riešeniu. Skúsili sme zachytiť červené pozadie oka z “burst-mode” (snímanie série snímkov v krátkom časovom intervale). Pre toto riešenie sa nám nepodarilo nájsť žiadnu knižnicu. Preto sme sa rozhodli implementovať tento spôsob sami. Použili sme na to rovnaké knižnice (Tabuľka č. 3) ako v predchádzajúcim riešení, avšak teraz sme sledovali čas snímania.

<i>Názov knižnice</i>	<i>Priemerná dĺžka vyhotovenia snímky [s]</i>	<i>Platforma</i>
<i>React Native Vision Camera</i>	0.6	React Native
<i>Expo Camera</i>	0.4	React Native
<i>React Native Camera Kit</i>	0.5	React Native
<i>CameraX</i>	0.4	Kotlin

Tabuľka 3: Rýchlosť vyhotovenia fotografie

Pri testovaní týchto knižníc sme zistili, že mnohé knižnice vyžadujú individuálne nastavenia pre jednotlivé typy mobilných zariadení. Knižnica CameraX si tieto nastavenia ošetruje samostatne. Na základe tohto zistenia sme sa rozhodli používať knižnicu CameraX v budúcnosti a aplikáciu vyvíjať v Kotlinie.

3 Implementácia extrakcie zrenice

Extrakcia zrenice je dôležitá časť pre trénovanie modelu konvolučnej neurónovej siete, pretože trénovanie bude jednoduchšie a kratšie. V tejto časti je opísaná implementácia extrakcie zrenice pomocou Haarovho kaskádového klasifikátora, Cannyho algoritmu a Houghovej transformácie.

3.0.1 Haarov kaskádový klasifikátor

Pri riešení problému vyhľadávania očí sme otestovali jedno zo spomenutých riešení, ktoré je Haarov klasifikátor. Je to jednoduché riešenie, ktoré je volne dostupné a jeho nesprávna klasifikácia sa dá eliminovať použitím vhodných metód.

Na Obr. 27 je vývojový diagram extrakcie zrenice, ktorý opisuje postup riešenia a predspracovanie fotografií.



Obr. 27: Vývojový diagram extrakcie zrenice

Prí návrhu riešenia sme po prve vykonali vyhľadanie tváre na obrázku pomocou

Haarov klasifikátora, ktoré sú voľné dostupné v knižnici OpenCv.

Po druhé sme v nájdenej tvári vyhľadávali oči, pri ktorej sme využili Haarove kaskádové klasifikátory určené pre oči, pričom prvý klasifikátor je určený pre detekciu ľavého oka a druhý klasifikátor je určený pre detekciu pravého oka. Na detekciu očí sme použili dva klasifikátory, pretože pri detekcií ochorenia katarakty je dôležité, ktoré oko má kataraktu. Pri detekcií očí jednotlivé klasifikátory detegovali aj iné časti tváre (napríklad znamienka, časti vlasov alebo časti obočia). Tento problém sme eliminovali vhodným nastavením klasifikátora, ktoré v menšej časti stále detegoval iné časti tváre ako oči. V ďalšej časti sme, ale tento problém eliminovali použitím vhodnej metódy pri detekcií zreníc s červeným odrazom. Haarov klasifikátor pre detekciu pravého (respektíve ľavého oka) nesprávne detegoval oko v tom zmysle, že v určitých prípadoch ľavé oko detegoval ako pravé oko alebo naopak. Zvolili sme prístup, pri ktorom ak daný klasifikátor detegoval nesprávne oko ako pravé (respektíve ľavé), tak sme toto oko označili za nesprávne klasifikované, pretože sa nachádza proporčne na nesprávnej strane tváre.

Po tretie sme riešili diagnostiku očí s červeným odrazom. Oči máme rozdelené na pravé alebo ľavé oko. Táto časť je spojená aj s diagnostikou zrenice. Rotem [stackoverflow] navrhlo riešenie vyhľadávania červených častí obrázka a extrakciu len jej intenzity daným postup, ktorý sme upravili na jednoduchšie riešenie.

Bola použitá maska, ktorá je definovaná pomocou úrovne hornej a dolnej intenzity červenej farby v reprezentácii Hue, Saturation, Value (HSV), pre ktorú je červený odraz jednoznačný. Pomocou tejto masky sa hľadajú kontúry, ktoré sú v rozsahu daných zložiek červenej. Ďalej je vyhľadaná oblasť, ktorú popisuje jednotlivá kontúra. Následne sú filtrované červené oblasti podľa veľkosti plochy, tak aby bola vhodná na diagnostiku katarakty. Vypočítala sa stred červenej oblasti a polomer červenej oblasti, pomocou ktorej je nájdená zrenica s červeným odrazom.

3.0.2 Cannyho algoritmus a Houghova transformácia

Záver

Tu bude záver po úplnom dokončení projektu.

Zoznam použitej literatúry

1. Ludské oko. *zeiss* [online]. 2017 [cit. 2023-01-09]. Dostupné z : <https://www.zeiss.sk/vision-care/better-vision/ako-funguje-zrak/ludske-oko.html>.
2. Zrak, oko, prierez oka. *encyklopediapoznania* [online]. 2016 [cit. 2022-12-19]. Dostupné z : <https://encyklopediapoznania.sk/clanok/6438/zrak-oko-prierez-oka>.
3. FARKAŠKOVÁ, J. Diabetická retinopatia. *diasport* [online]. [B.r.] [cit. 2022-12-19]. Dostupné z : <https://diasport.webnode.sk/diabetes-mellitus/chronicke-komplikacie/diabeticka-retinopatia/>.
4. Dry Eye Syndrome. *englishrowseyecare* [online]. [B.r.] [cit. 2022-12-19]. Dostupné z : <https://englishrowseyecare.com/dry-eye-treatment-center/>.
5. Sietnica, makula, sklovec. *neovizia* [online]. [B.r.] [cit. 2022-12-21]. Dostupné z : <https://www.neovizia.sk/liecba-sietnice-a-sklovca/sietnica-makula-sklovec/>.
6. ŠEDÝ ZÁKAL - KATARAKTA. *Iclinic* [online]. [B.r.] [cit. 2022-12-15]. Dostupné z : <https://www.iclinic.sk/sedyzakal-katarakta>.
7. Šedý zákal (katarakta). *nzip* [online]. [B.r.] [cit. 2022-12-21]. Dostupné z : <https://www.nzip.cz/clanek/394-sedy-zakal-katarakta>.
8. Snellenove tabuľky. *mixxer* [online]. [B.r.] [cit. 2022-12-29]. Dostupné z : https://www.mixxer.sk/fotky4756/fotos/_vyr_162031308.jpg.
9. Cataract Grading. *eyeguru* [online]. [B.r.] [cit. 2022-12-29]. Dostupné z : <https://eyeguru.org/learn/practice-cataract-grading/>.
10. PATEL, C., HAMADA, S., ATHANASIADIS, Y., BATES, R. a SALEH, G. M. Intraocular lens opacification mimicking the appearance of a congenital lamellar cataract. *nature* [online]. 2012 [cit. 2023-01-23]. Dostupné z DOI: <https://doi.org/10.1038/eye.2012.182>.
11. IK, Zu Quan, LAU, Sian Lun a CHAN, Jan Bond. Mobile cataract screening app using a smartphone. *2015 IEEE Conference on e-Learning, e-Management and e-Services (IC3e)*. 2015. Dostupné z DOI: [10.1109/ic3e.2015.7403496](https://doi.org/10.1109/ic3e.2015.7403496).
12. TRIPATHI, Pavani, AKHTER, Yasmeena, KHURSHID, Mahapara, LAKRA, Aditya, KESHARI, Rohit, VATSA, Mayank a SINGH, Richa. MTCD: Cataract Detection via Near Infrared Eye Images. *arXiv: Computer Vision and Pattern Recognition*. 2021. Dostupné tiež z: <http://arxiv.org/pdf/2110.02564.pdf>.

13. NASIRZONOUZI, Mona. *Automated Cataract Grading using Smartphone Images*. University of Waterloo, [b.r.].
14. *cataract dataset*. 2019. Dostupné tiež z: <https://www.kaggle.com/datasets/jr2nbg/cataractdataset>.
15. CATARACTS. 2021. Dostupné tiež z: <https://ieee-dataport.org/open-access/cataracts>.
16. *ODIR-2019 - Grand Challenge*. [B.r.]. Dostupné tiež z: <https://odir2019.grand-challenge.org/dataset/>.
17. *Retinal Fundus Multi-disease Image Dataset (RFMiD)*. 2021. Dostupné tiež z: <https://ieee-dataport.org/open-access/retinal-fundus-multi-disease-image-dataset-rfmid>.
18. YOO, Seunghwan a PARK, Rae-Hong. Red-eye detection and correction using inpainting in digital photographs. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*. 2009, roč. 55, č. 3, s. 1006–1014. Dostupné z DOI: 10.1109/TCE.2009.5277948.
19. PAN. *Intense red-eye effect in blue eyes with dilated pupil*. 2007. Dostupné tiež z: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BoldRedEye.JPG>.
20. *2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2001), with CD-ROM, 8-14 December 2001, Kauai, HI, USA*. IEEE Computer Society, 2001. ISBN 0-7695-1272-0. Dostupné tiež z: <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/7768/proceeding>.
21. CANNY, John. A Computational Approach to Edge Detection. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 1986, roč. PAMI-8, č. 6, s. 679–698. Dostupné z DOI: 10.1109/TPAMI.1986.4767851.
22. HOUGH, P V.C. METHOD AND MEANS FOR RECOGNIZING COMPLEX PATTERNS. 1962.
23. MAŠEK, Bc. JAN. *Detekce objektů v obrazu s pomocí Haarových příznaků*. Česká republika, 2012. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií.

Prílohy

A Zápisnica	II
-----------------------	----

A Zápisnica

- Porada z dňa 6.10.2022

Porady sa zúčastnil Daniel Nošík, Miroslav Kopecký, Roman Mičuda, Adrián Vrbovský, Tomáš Danko a Patrik Ištók.

Počas porady sme sa zoznámili a predstavili. Boli nám predstavené ciele projektu, zámer projektu a spôsob, ktorým by mohla byť detekcia katarakty realizovaná, teda pomocou červeného odrazu. Pani MUDr. Veronika Kurilová, PhD. navrhla *Trello* ako platformu na stanovenie úloh a zdieľanie prezentácií a súborov.

Stanovené úlohy:

- vytvorenie skupiny na platforme *WhatsApp* a *Trello*,
- zoznámenie sa s online databázami knižníc,
- zvolenie vedúceho tímu.

Zápis vypracoval Daniel Nošík.

- Porada z dňa 14.10.2022

Porady sa zúčastnil Daniel Nošík, Miroslav Kopecký, Roman Mičuda, Adrián Vrbovský, Tomáš Danko a Patrik Ištók.

Bola nám prestavená pani MUDr. Veronikou Kurilovou, PhD. problematika katararky, jej vyšetrenie pomocou štrbinovej lampy a metódy diagnostiky. Nošík bol zvolený ako vedúci tímu. Nošík vytvoril skupinu na komunikáciu v tíme. Každý z členov tímu sa zoznámil s dostupnými databázami knižníc. Danko poznamenal, že červený odraz je rozličný pre ľudí rôznej rasy a geografickej polohy (napr. Afričania, Aziati a Europania). Pani MUDr. Veronika Kurilová, PhD. stanovile, že náš zámer je sa orientovať na ľudí s červeným odrazom.

Stanovené úlohy:

- analýza prístupov a nastavení pri implementácii aplikácie.

Zadané úlohy boli splnené. Zápis vypracoval Miroslav Kopecký.

- Porada z dňa 20.10.2022

Porady sa zúčastnil Daniel Nošík, Miroslav Kopecký, Roman Mičuda, Adrián Vrbovský, Tomáš Danko a Patrik Ištók.

Bola nám prestavená pani MUDr. Veronikou Kurilovou, PhD. anatómia oka.

Stanovené úlohy:

- analýza nastavenie mobilného fotoaparátu,
- prieskum existujúcich mobilných aplikácií,
- analýza databáz katarakty
- preskúmanie existujúcich prác pre detekciu katarakty.

Zadané úlohy boli splnené. Zápis vypracoval Roman Mičuda.

- Porada z dňa 27.10.2022

Porady sa zúčastnil Daniel Nošík, Miroslav Kopecký, Roman Mičuda, Adrián Vrbovský, Tomáš Danko a Patrik Ištók. Zápis vypracoval Roman Mičuda.

Mičuda prezentoval existujúce práce, databázy a existujúce mobilné aplikácie pre detekciu katarakty. Tiež našiel zdroj, ktorý uvádza, akým spôsobom je najpravdepodobnejšie zachytiť červený odraz. Danko prezentoval nastavenia fotoaparátu pre odfotenie červeného odrazu. Ďalej spomenul, že určité druhy látok (alkohol a nikotín) môžu spôsobiť rozšírenie zrenice. Experimentom zistil, že fotografie formátu DNG sú o 15% až 20% menšie ako fotografie formátu RAW, pričom rozdiel v kvalite je minimálny. Zistil, že pre odfotenie červého odrazu je optimálne najkratšie trvanie blesku.

Stanovené úlohy:

- Prieskum ďalších databáz katarakty,
- Prieskum knižníc pre React Native a CameraX,
- Dôkaz konceptu (ang. *Proof of concept*).

Zadané úlohy boli splnené. Zápis vypracoval Adrián Vrbovský.

- Porada z dňa 3.11.2022

Porada bola zrušená a bola nahradená samoštúdiom a pokračovaním vo vypracovaní úloh.

- Porada z dňa 11.11.2022

Porady sa zúčastnil Daniel Nošík, Miroslav Kopecký, Roman Mičuda, Adrián Vrbovský, Tomáš Danko a Patrik Ištók.

Ištók a Vrbovský prezentovali dostupné React Native knižnice, vhodné pre zachytenie červeného odrazu. Nošík ukázal aplikáciu a prezentoval spôsoby, ktorým by bola diagnostika katarakty realizovateľná. Kopecký ukázal fotografie svojho červeného oka, pričom jeho zachytenie nebolo vo väčšej miere úspešné (menej ako 25%). Bol navrhnutý mód dávkového snímania, ako alternatíva k zachyteniu červeného odrazu.

Stanovené úlohy:

- Analýza červenej zložky červeného odrazu,
- Experiment, zachytenie a natočenie videa červeného odrazu.

Zadané úlohy boli splnené. Zápis vypracoval Patrik Ištók.

- Porada z dňa 18.11.2022

Porady sa zúčastnil Miroslav Kopecký, Roman Mičuda, Adrián Vrbovský, Tomáš Danko a Patrik Ištók. Nezúčastnil sa Daniel Nošík kvôli návštive lekára.

Mičuda, Vrbovský a Ištok prezentoval video, ktoré zachytil červený odraz a fotografie vyhotovené pomocou dávkového snímania. Kopecký ukázal červenú zložku fotografie červeného odrazu svojho oka.

Kopecký ukázal červenú zložku fotografie červeného odrazu. Stanovené úlohy:

- Prieskum riešení na orezávanie očí,
- Prieskum riešení na detekciu červeného odrazu na fotografií.

Zadané úlohy boli splnené. Zápis vypracoval Roman Mičuda.

- Porada z dňa 24.11.2022

Porady sa zúčastnil Daniel Nošík, Miroslav Kopecký, Roman Mičuda, Adrián Vrbovský, Tomáš Danko a Patrik Ištók.

Mičuda ukázal spôsoby, ktorým orezanie a extrakcie červeného odrazu je realizovateľná. Prezentoval extrahované fotografie z videa, ktoré zachytilo červený odraz. Kopecký prezentoval algoritmy, ktoré robia detekciu dúhovky a zrenice.

Stanovené úlohy:

- Analýza RGB zložiek červeného odrazu.

Zadané úlohy boli splnené. Zápis vypracoval Daniel Nošík.

- Porada z dňa 1.12.2022

Porady sa zúčastnil Daniel Nošík, Miroslav Kopecký, Roman Mičuda, Adrián Vrbovský, Tomáš Danko a Patrik Ištók.

Danko prezentoval prezentáciu o RGB zložkách červeného odrazu. Mičuda prezentoval spôsob, ktorým je možné roztriediť pravé a ľavé oko. Stanovené úlohy:

- UML diagram použitia,
- zoznámenia sa s vývojovým prostredím *AndroidStudio*.

Zadané úlohy boli splnené. Zápis vypracoval Miroslav Kopecký.

- Porada z dňa 8.12.2022

Porady sa zúčastnil Daniel Nošík, Miroslav Kopecký, Roman Mičuda, Adrián Vrbovský, Tomáš Danko a Patrik Ištók.

Všetci členovia tímu sa zoznámili s vývojovým prostredím AndroidStudio, ktoré slúži na vývoja mobilných aplikácií. Nošík vypracoval UML diagram použitia.

Stanovené úlohy:

- vypracovanie písomnej časti za zimný semester,
- analýza doterajších prác v oblasti.

Zadané úlohy boli splnené. Zápis vypracoval Roman Mičuda.

- Porada z dňa 15.12.2022

Porady sa zúčastnil Daniel Nošík, Miroslav Kopecký, Roman Mičuda, Adrián Vrbovský, Tomáš Danko a Patrik Ištók.

Členovia tímu sa jednoznačne zhodli na vypracovaní písomnej časti v *Latex*. Nošík mal otázky, ktoré súviseli zo štruktúrou dokumentu a vo výsledku sme sa zhodli, že je potrebné zmeniť štruktúru dokumentu. Danko a Mičuda prezentovali ďalšie práce v oblasti.

Stanovené úlohy:

- dokončenie písomnej časti za zimný semester.

Zadané úlohy boli splnené. Zápis vypracoval Adrián Vrbovský.