

Cameră foto autonomă

- Prelucrare de imagini -

Autor: Stănescu Miruna-Ioana 334AA

An: 2025

Cuprins

1. Introducere

1.1	Prezentarea temei.....	
1.2	Obiectiv.....	
1.3	Motivație.....	
1.4	Relevanța temei.....	
1.5	Contribuții față de alte soluții existente.....	

2. Realizări similare

2.1	ESP32-CAM face recognition.....	
2.2	Camăra și filtre foto.....	
2.3	Open camera.....	
2.4	Comparație.....	

3. Prezentare tehnică a etapei de realizare

3.1	Biblioteci și framework-uri.....	
3.2	Structura aplicației și funcționalități.....	
3.3	Algoritmi și metodologie.....	

4. Mod de utilizare

4.1	Prelucrare în timp real pe ecranul camerei.....	
4.2	Prelucrare în aplicația dedicată.....	

5. Concluzii

6. Referințe bibliografice

1. Introducere

1.1 Prezentarea temei

Proiectul Camera foto autonomă are ca scop dezvoltarea unui sistem inteligent capabil să captureze, să stocheze și să gestioneze imagini pe dispozitiv, dar și într-o aplicație special dezvoltată pentru acesta. Sistemul combină tehnologii avansate din diverse domenii, pentru a optimiza procesul de achiziție și analiză a datelor, atât în ceea ce privește componenta hardware, prin dezvoltarea fizică a camerei, cât și pe partea software, prin aplicația dedicată și algoritmi de inteligență artificială integrați.

1.2 Obiectiv

Obiectivul principal al proiectului este dezvoltarea unui aparat de fotografiat inteligent, echipat cu algoritmi de recunoaștere facială. În plus, sistemul include o aplicație dedicată pentru gestionarea imaginilor, oferind opțiuni precum aplicarea de filtre.

Această documentație prezintă arhitectura generală a sistemului, componentele hardware și software utilizate, algoritmi implementați, precum și scenariile de utilizare și testare ale camerei foto autonome. Prin această lucrare, îmi propun să ofer o descriere detaliată a modului în care sistemul este conceput și implementat, explicând fiecare componentă și rolul său în funcționarea generală. De asemenea, documentația va evidenția avantajele acestui proiect, atât din perspectiva inovației tehnologice, cât și a utilității sale practice. Vor fi prezentate și diverse domenii în care un astfel de sistem poate fi aplicat, subliniind impactul pozitiv pe care îl poate avea în optimizarea diferitelor activități.

1.3 Motivație

Am ales să dezvolt acest proiect deoarece interesul față de aplicațiile moderne ale viziunii computerizate crește tot mai mult în aceasta lume ce devine tot mai digitalizată. Capacitatea de a capta și interpreta automat informația vizuală este esențială în numeroase domenii, cum ar fi securitate, monitorizare industrială, agricultură de precizie, transport autonom sau chiar în arta digitală. Interesul meu personal pentru electronica embedded și inteligența artificială, combinat cu dorința de a realiza un proiect aplicat, cu impact real, a stat la baza alegerii acestei teme.

1.4 Relevanța temei

Având în vedere creșterea exponențială a utilizării soluțiilor bazate pe inteligență artificială și viziune artificială, tema este de maximă actualitate. Camerele inteligente sunt implementate tot mai des în aplicații critice precum recunoașterea facială, analiza comportamentală, supravegherea automată a spațiilor sau optimizarea proceselor industriale. Astfel, proiectul se încadrează în randul cerințelor pieței, oferind o soluție compactă, autonomă și ușor de adaptat pentru diferite scenarii de utilizare.

1.5 Contribuții față de alte soluții existente

Proiectul aduce o serie de îmbunătățiri față de camerele foto clasice, printre care se remarcă aplicarea în timp real a unor filtre grafice pe față, o funcționalitate întâlnită în general doar pe telefoanele mobile moderne, nu pe camerele dedicate. De asemenea, sistemul include o aplicație proprie pentru control, vizualizare și configurare, ceea ce oferă o experiență interactivă și personalizată utilizatorului.

2. Realizări similare

2.1 ESP32-CAM face recognition

ESP32-CAM este un modul low-cost ce integrează o cameră OV2640 și un microcontroler ESP32 cu Wi-Fi. Permite recunoaștere facială locală prin framework-ul ESP-WHO și oferă o interfață web simplă.

Puncte tari:

- cost redus și consum mic de energie
- procesare locală (edge)
- compact și ușor de integrat

Puncte slabe:

- procesare lentă și precizie redusă
- fără aplicație mobilă sau filtre grafice
- interfață web limitată

2.2 Cameră și filtre foto

Aplicație Android orientată către utilizatori casual, oferă filtre foto în timp real, efecte de înfrumusețare și partajare rapidă.

Puncte tari:

- interfață ușor de folosit
- filtre aplicate în timp real
- integrare cu rețele sociale

Puncte slabe:

- necesită telefon performant
- fără funcționalitate autonomă sau AI
- nu este extensibilă

2.3 Open camera

Open Camera este o aplicație open-source pentru Android, axată pe control avansat al camerei și captură de calitate.

Puncte tari:

- control manual complet (ISO, expunere etc.)
- suport pentru RAW, HDR
- gratuită, fără reclame

Puncte slabe:

- interfață mai tehnică
- fără efecte AR sau filtre în timp real
- dependentă de hardware-ul telefonului

2.4 Comparație

	ESP32-CAM	Camără și Filtre Foto	Open Camera	Proiect personal
Platformă	Embedded	Android	Android	Embedded
Funcționare autonomă	Da	Nu	Nu	Nu(încă)
Recunoaștere facială	Da	Nu	Nu	Da
Filtre grafice/AR	Nu	Da	Nu	Da
Aplicație mobilă dediacată	Nu	Da	Da	Da
Control manual cameră	Limitat	Minim	Extins	Minim
Cost	Foarte mic	Gratuit	Gratuit	Ridicat
Extensibilitate	Limitată	Scăzută	Medie	Scăzută

3. Prezentare tehnică a etapei de realizare

Etapă de implementare a acestui proiect a constat în dezvoltarea unei aplicații integrate pentru Raspberry Pi, cu funcționalități avansate de captură foto/video, adăugare de accesorii grafice pe fețe detectate, galerie multimedia, editare și clasificare automată a imaginilor pe baza fețelor detectate. Proiectul combină mai multe componente software, tehnologii și biblioteci, iar întreaga logică este împărțită între o aplicație desktop interactivă și o interfață web bazată pe Flask.

3.1 Biblioteci și framework-uri

- OpenCV (cv2) – pentru procesarea imaginilor și video-urilor (captură, detectare fețe, suprapunere accesorii, afișare interactivă).
- RPi.GPIO – pentru gestionarea intrărilor de la butoanele fizice conectate la Raspberry Pi.
- picamera2 – pentru accesarea camerei integrate a Raspberry Pi într-un mod performant și asincron.

- Flask – framework web ușor pentru crearea interfeței web de galerie, editare și clasificare.
- Paramiko – pentru transferul securizat de fișiere între Raspberry Pi și interfața web, folosind SSH/SFTP.
- face_recognition – pentru extragerea și compararea encodărilor fețelor, clasificare și grupare pe baza similarității.
- Pillow (PIL) – pentru aplicarea de filtre și prelucrare a imaginilor în partea de editare web.
- NumPy – pentru manipularea matricelor de imagine și a encodărilor de fețe.

3.2 Structura aplicației și funcționalități

- Aplicația camera (camera.py)

Această aplicație rulează pe Raspberry Pi și folosește interfața cu butoane fizice pentru a comuta între modurile „Camera” și „Galerie”.

Funcționalități:

- captură foto sau înregistrare video printr-o apăsare scurtă sau lungă a unui buton (GPIO 17).
- suprapunerea de accesorii (pălărie, mustață, ochelari) pe fețele detectate în timp real cu clasificatorul Haar.
- afișare fullscreen a camerei sau a imaginilor/video-urilor din galerie, cu navigare stânga-dreapta prin swipe.
- detectare fețe în timp real cu haarcascade_frontalface_default.xml și suprapunere PNG-uri transparente (RGBA).
- stocare fișiere media în directorul /home/pi/imagini_capturate.

Contribuție personală:

- Cod propriu pentru suprapunerea accesoriilor cu transparență.
- Implementarea unui mecanism de control simplu prin butoane fizice.

- Interfața web (app_web.py)

Această componentă permite vizualizarea, editarea și clasificarea imaginilor capturate.

Funcționalități:

- galerie web cu afișare automată a fișierelor media de pe Raspberry Pi (imagini și video).
- conversie automată video în .mp4 cu ffmpeg, dacă fișierele sunt .avi, .mov etc.
- editor de imagine cu suport pentru:
 - filtre: sepia, grayscale, invert, blur, sharpen, contrast, saturație, luminozitate, sharpness;
 - salvarea automată a versiunilor editate.
- ștergere imagini cu actualizare simultană a bazei de date JSON pentru fețe.
- clasificare fețe:
 - se folosesc encodările de la `face_recognition.face_encodings()` pentru identificarea fețelor;
 - algoritmul compară fiecare nouă imagine cu encodările existente și le grupează pe baza similarității (toleranță 0.5);
 - grupurile sunt afișate în pagina /persoane, iar utilizatorul poate atribui nume.

Contribuție personală:

- Implementarea editării imaginilor și salvarea modificărilor din browser.
- Conversia automată a fișierelor video în MP4 cu ffmpeg.
- Crearea rutei /persoane pentru gestionarea asocierii fețe–nume.
- Implementarea completă a aplicației web pe Raspberry Pi.

3.3 Algoritmi și metodologie

Aplicația folosește mai mulți algoritmi și metode din domeniul viziunii artificiale, integrați într-o arhitectură adaptată pentru sisteme embedded (Raspberry Pi).

- Algoritmul Haar Cascade pentru detectarea fețelor

Are ca scop detectarea fețelor umane în timp real din fluxul video și este bazat pe metoda propusă de Viola și Jones, acest algoritm folosește o cascadă de clasificatori antrenați pe trăsături Haar (diferențe de intensitate între regiuni). Acesta permite plasarea în timp real de accesorii grafice (AR) pe fețele detectate, similar cu filtrele folosite în aplicații ca Snapchat

Funcționare:

- imaginea este convertită în tonuri de gri.
- sunt analizate regiuni multiple la diferite scări (scale) pentru a detecta fețe.
- clasificatorul Haar parcurge imaginea în ferestre mobile și aplică regulile învățate.

- Algoritmi de suprapunere grafică (Overlay cu transparență)

Are ca scop adăugarea de imagini PNG transparente (accesorii: pălărie, ochelari etc.) peste fețele detectate. Acest procedeu este esențial pentru realismul grafic și experiența interactivă a utilizatorului.

Descriere:

- se folosește masca alfa (canalul de transparență RGBA) pentru a combina accesoriul cu imaginea originală.
- poziționarea se face pe baza coordonatelor feței detectate.
- imaginea de fundal și overlay-ul sunt combinate pixel cu pixel.

- Afișare fullscreen și navigare cu swipe

Are ca scop oferirea unei interfețe vizuale fluide și moderne. Astfel se reproduce comportamentul aplicațiilor de galerie de pe dispozitive mobile sau touchscreen-uri.

Metodă:

- se folosește o bibliotecă grafică (OpenCV).
- se implementează detectarea gesturilor stânga-dreapta pentru a naviga printre imagini/video-uri.

- Aplicarea de filtre pe fotografii

Are ca scop permiterea personalizării și îmbunătățirii vizuale a imaginilor capturate prin adăugarea de filtre predefinite.

Metodologie:

- filtrele sunt implementate ca transformări asupra pixelilor imaginii (ex. sepia, alb-negru, contrast crescut, blur).
- procesarea are loc pe server (cu OpenCV).
- utilizatorul selectează un filtru dintr-un meniu, iar imaginea este procesată în timp real și poate fi salvată.

- Gruparea și redenumirea fișierelor media pe baza fețelor detectate

Are ca scop organizarea automată a imaginilor în funcție de persoanele identificate și permisiunea de a redenumi aceste grupuri pentru o gestionare mai eficientă.

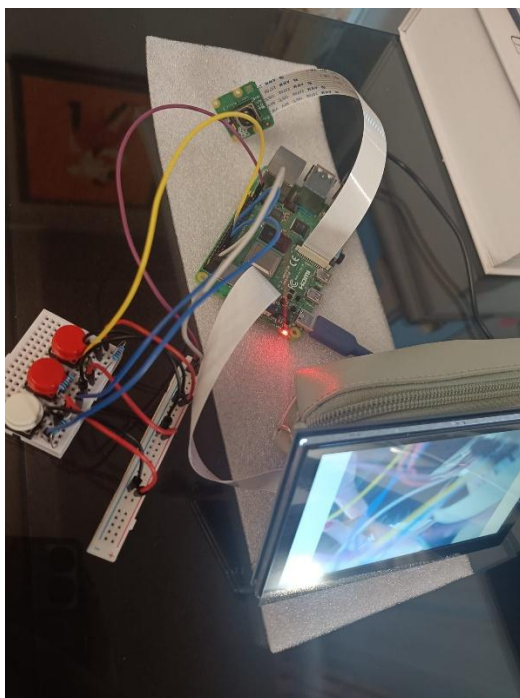
Imaginile sunt grupate automat pe baza similarității faciale, folosind algoritmi de învățare automată (ex: face_recognition bazat pe dlib). Utilizatorul poate redenumi grupurile (ex: „Persoană 1” devine „Maria”) iar sistemul actualizează automat etichetele în metadatele imaginii și reorganizează fișierele. Modificările sunt salvate în fișierele nume_persoane.json și face_data.json, care păstrează noile denumiri ale grupurilor și datele faciale actualizate, asigurând astfel o organizare corectă a fișierelor media.

4. Mod de utilizare

Aplicația are două moduri de prelucrare a imaginilor. Primul este în timp real, afișat pe ecranul camerei, unde se aplică accesorii și se detectează fețele pentru o interacțiune vizuală imediată. Al doilea este în aplicație, unde utilizatorul poate vizualiza galeria cu imaginile și videoclipurile salvate, aplica filtre vizuale și sorta automat conținutul pe baza fețelor detectate. Acest mod oferă o gestionare eficientă și inteligentă a fișierelor capturate.

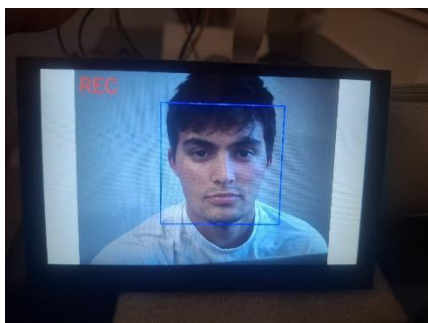
4.1 Prelucrare în timp real pe ecranul camerei

Această funcționalitate rulează direct pe un Raspberry Pi 4 Model B, la care este conectată o cameră și un display tactil.



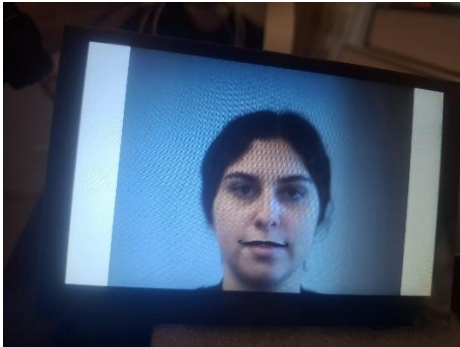
Interacțiunea fizică se face prin trei butoane dedicate:

- buton captură: salvează fotografii sau pornește/închide înregistrarea video, în funcție de durata apăsării.



- buton galerie: permite trecerea în modul de vizualizare a imaginilor și videoclipurilor salvate.

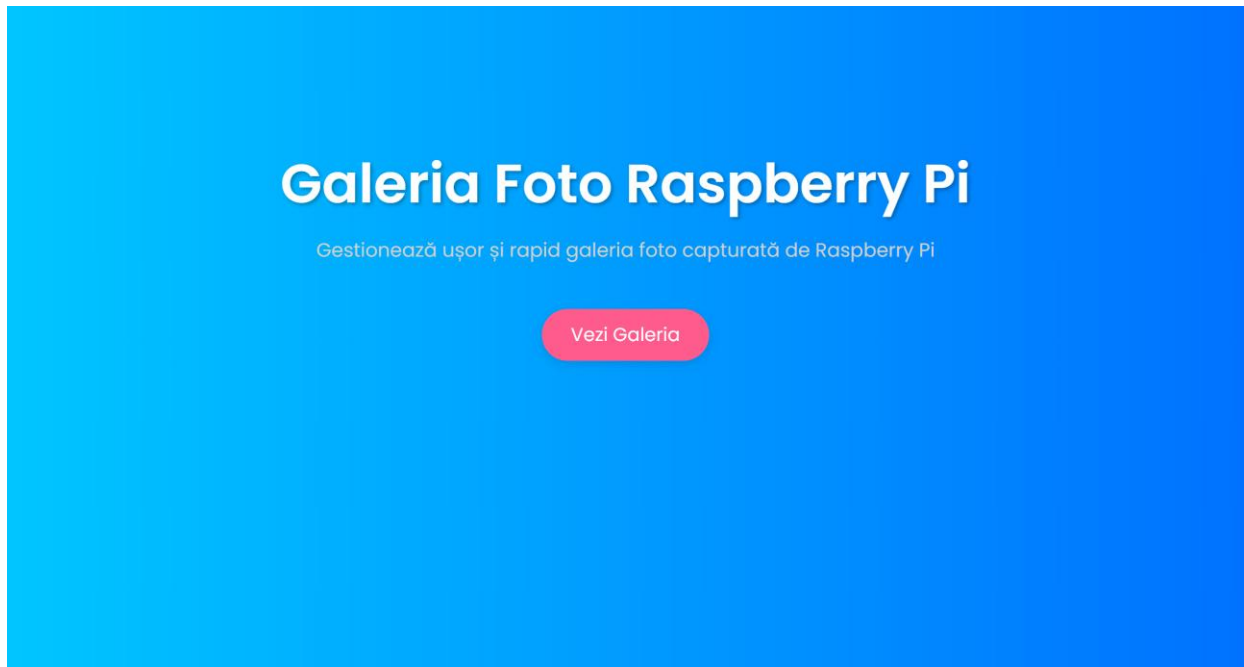
- buton filtre/accesorii: aplică pe față accesorii virtuale (pălărie, ochelari, mustață), comutând între ele.



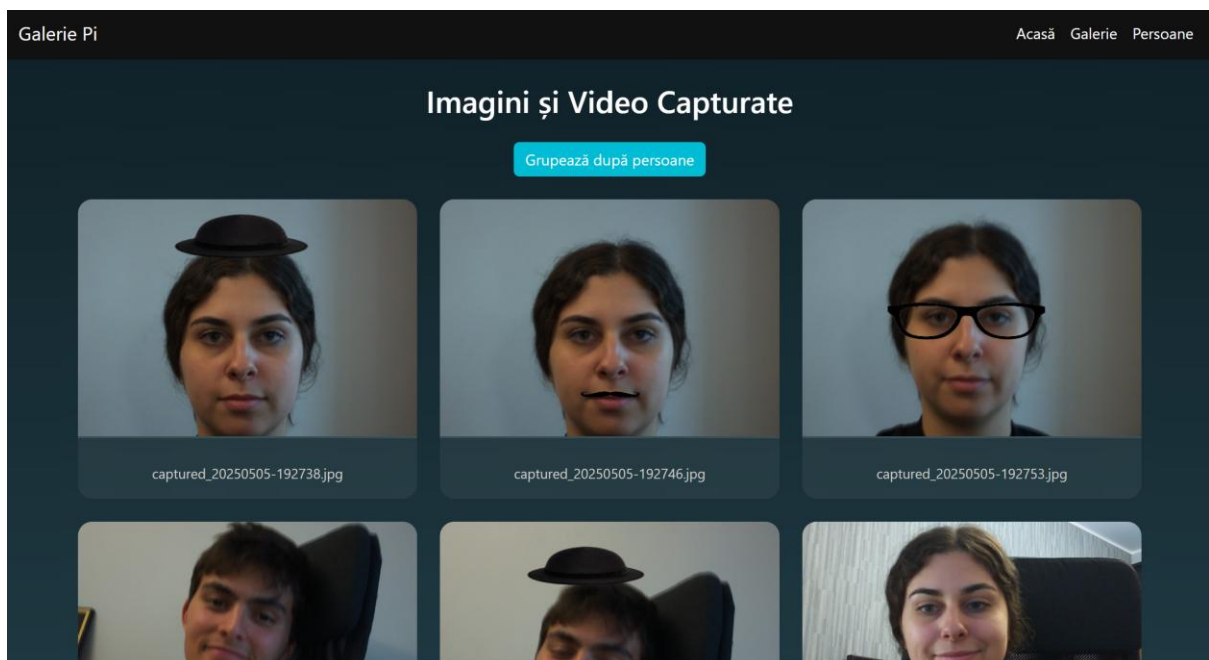
Acest mod permite prelucrarea și afișarea imaginilor în timp real, cu detecție facială (încadrarea feței într-un dreptunghi de culoare albastru) și suprapunere de efecte vizuale, oferind o interacțiune rapidă și intuitivă utilizatorului.

4.2 Prelucrare în aplicația dedicată

Modul de prelucrare în aplicația dedicată începe cu o pagină intuitivă și simplă, concepută pentru o navigare rapidă. Aceasta conține un titlu sugestiv și un buton principal care conduce utilizatorul direct către galerie, unde sunt disponibile toate imaginile și videoclipurile capturate.

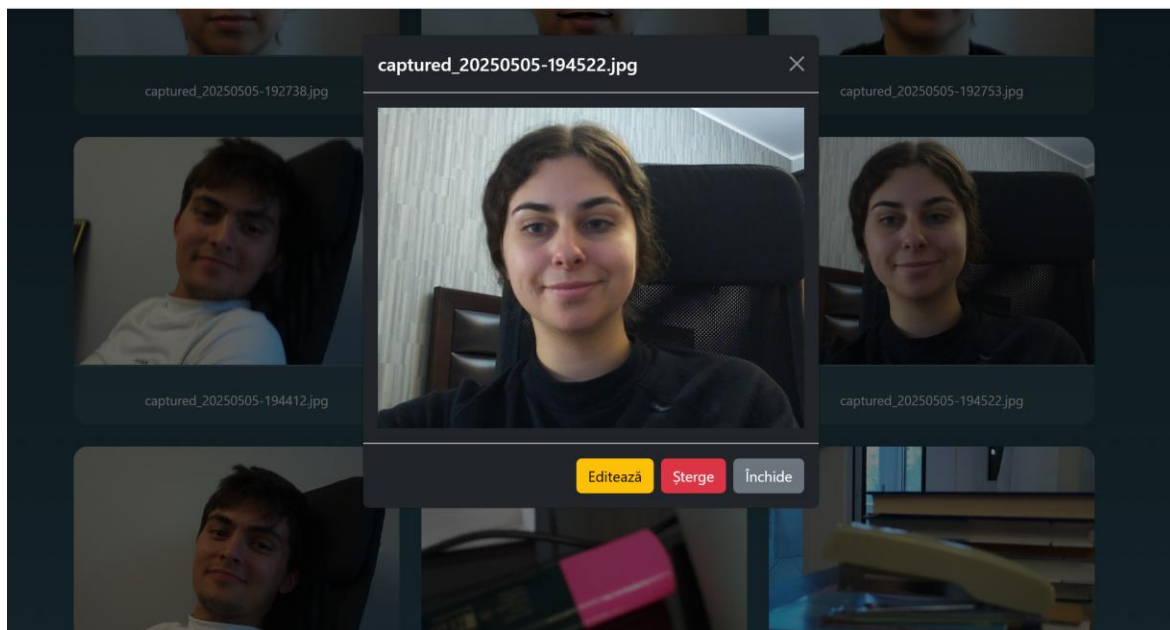


După accesarea galeriei, utilizatorul poate vizualiza toate imaginile și videoclipurile capturate, afișate într-un mod organizat și accesibil direct din aplicația web.



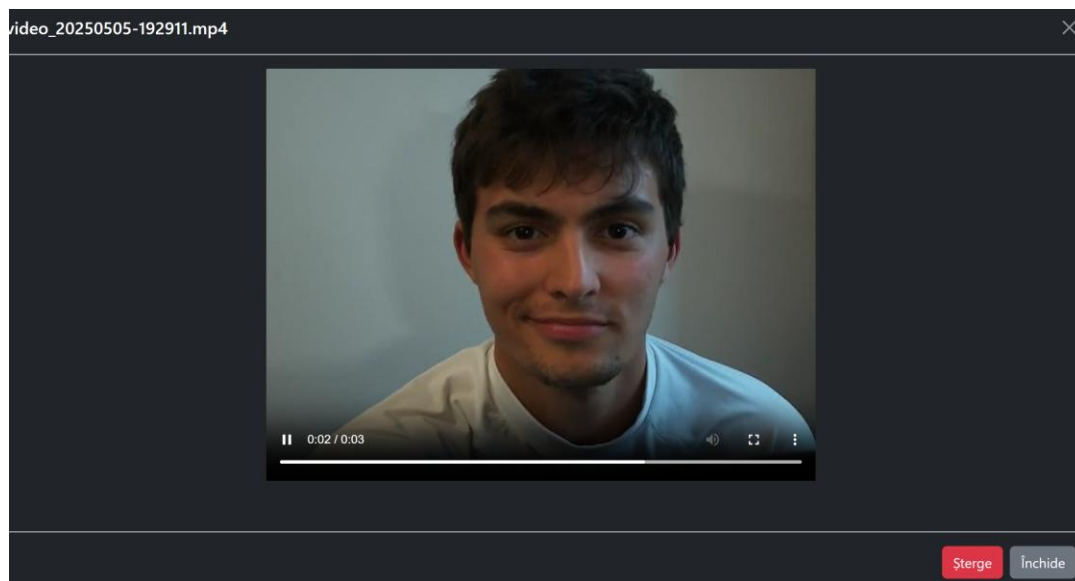
Dacă utilizatorul apasă pe o imagine din galerie, aceasta se afișează mărit, într-o fereastră dedicată. În acest mod de vizualizare sunt disponibile trei opțiuni clare:

- editare – permite aplicarea de filtre sau modificări asupra imaginii.
- ștergere – elimină imaginea din galerie.
- închidere – revine la vizualizarea generală a galerie

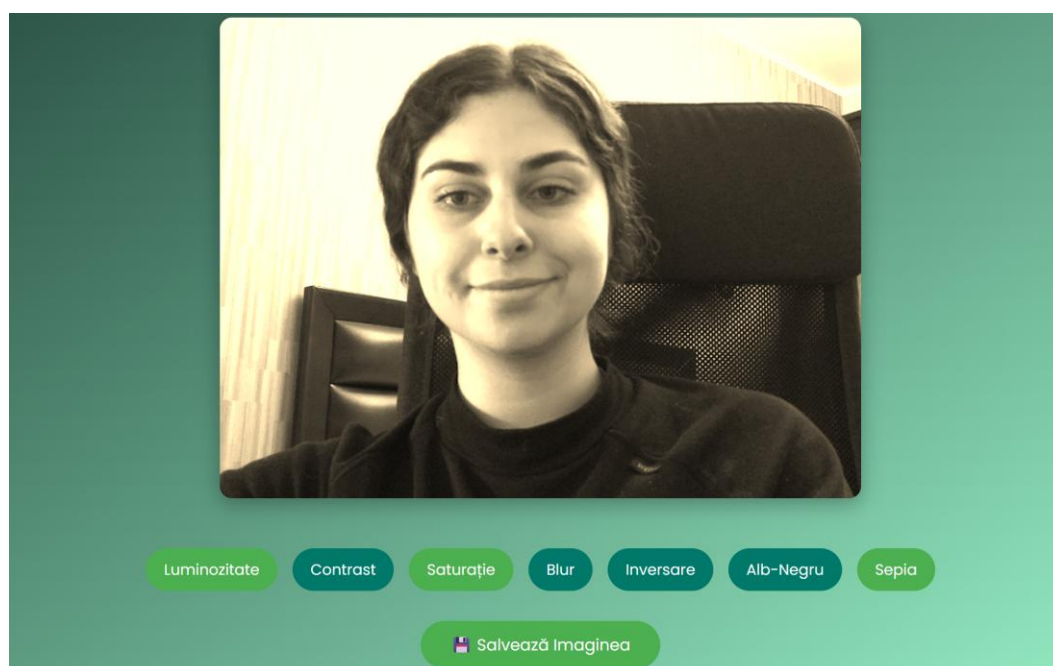


Dacă utilizatorul apasă pe un **video** din galerie, acesta va fi redat într-o fereastră dedicată. Utilizatorul are posibilitatea de a **mări** video-ul pentru a-l vizualiza mai bine,

adaptându-se la preferințele sale. După ce a vizionat video-ul sau dacă dorește să închidă fereastra, poate apăsa pe butonul de **închidere** pentru a reveni la galerie.



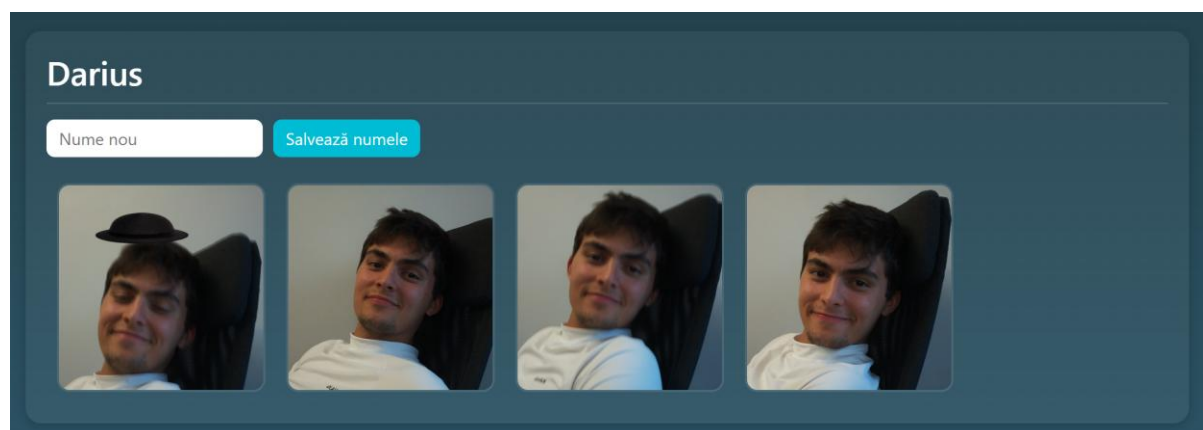
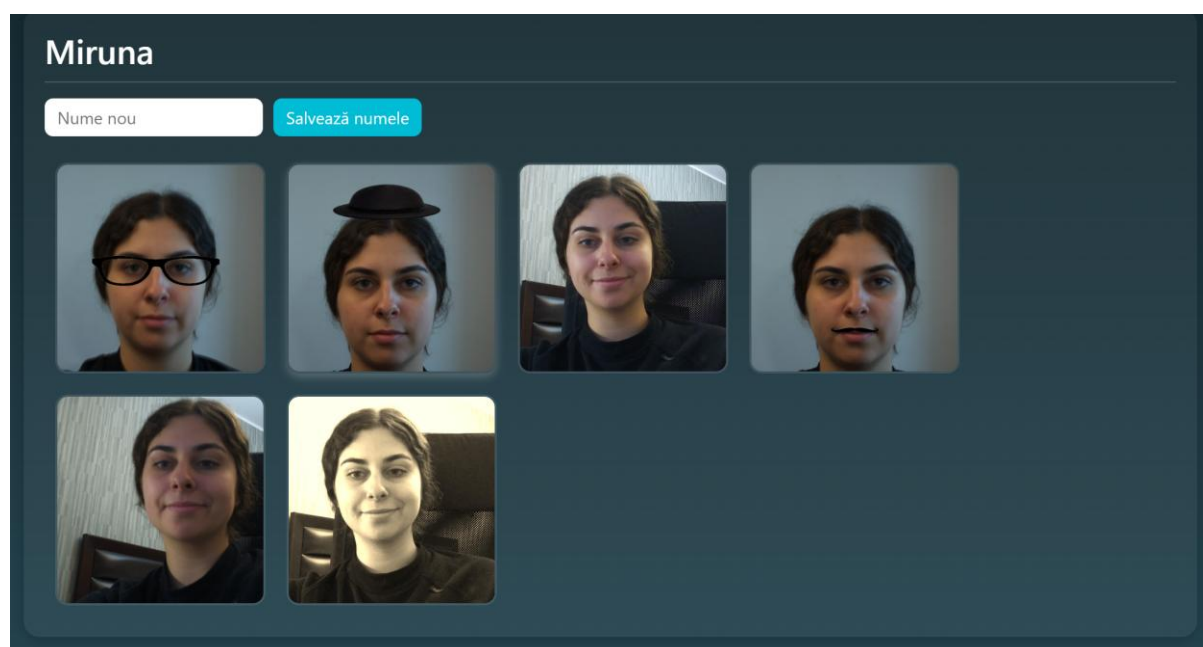
Dacă utilizatorul intră în modul de editare, imaginea selectată poate fi personalizată prin aplicarea unor filtre vizuale. Aceste filtre sunt concepute pentru a modifica aspectul imaginii, iar fiecare dintre ele poate fi activat sau dezactivat în mod independent, oferind utilizatorului flexibilitate completă în ajustarea imaginii. Filtrele disponibile includ opțiuni pentru luminozitate, care permit reglarea intensității luminii din imagine, contrast, pentru a face diferențele dintre părțile luminoase și cele întunecate mai evidente, și saturație, care controlează intensitatea culorilor. De asemenea, utilizatorul poate aplica un efect de blur, care estompează imaginea, sau poate inversa culorile din imagine pentru un efect mai artistic. Există și opțiuni pentru a transforma imaginea într-un alb-negru clasic sau pentru a aplica un efect sepia, care adaugă o nuanță de culoare maro-gălbuie, oferind imaginii un aspect retro.



După ce utilizatorul finalizează ajustările dorite, imaginea poate fi **salvată** apăsând butonul de salvare. În acest caz, o **nouă imagine este creată**, cu toate filtrele aplicate, iar originalul rămâne intact. Astfel, utilizatorul are posibilitatea de a păstra atât varianta originală a imaginii, cât și varianta editată cu filtrele aplicate.

Dacă utilizatorul apasă pe butonul de grupare după persoane din meniul galeriei, aplicația va analiza imaginile și le va grupa automat în funcție de persoanele detectate. Acest proces folosește tehnologia de recunoaștere facială pentru a identifica aceleași fețe din diverse imagini și a le organiza într-un mod coerent. Fiecare grup de imagini poate fi asociat cu un nume pe care utilizatorul îl poate adăuga manual.

Odată ce un nume este asociat cu un grup de imagini, aplicația va memora acea asociere, iar în momentul în care o nouă imagine este capturată cu acea persoană, aceasta va fi automat atribuită aceluși nume deja salvat. Astfel, utilizatorul poate gestiona mult mai eficient galeria, având posibilitatea de a vizualiza și organiza conținutul pe baza persoanelor din imagini.



5. Concluzii

Aplicația dezvoltată îndeplinește cu succes toate obiectivele stabilite la început, oferind o experiență completă de capturare și prelucrare a imaginilor. Utilizatorii pot captura atât imagini, cât și videoclipuri, pot aplica accesorii pe față în timp real și pot vizualiza galeria pentru a organiza și personaliza fotografiile. Funcționalitățile precum aplicarea de filtre și efecte vizuale, precum și posibilitatea de a salva imagini editate, sunt implementate eficient, oferind utilizatorilor un control detaliat asupra conținutului vizual.

Aplicația este extrem de utilă, permite utilizatorilor să exploreze tehnologiile de recunoaștere facială și prelucrare a imaginilor într-un mod interactiv și accesibil, ceea ce o face relevantă în contextul actual al evoluției rapide a tehnologiilor vizuale.

Din punct de vedere al performanței, aplicația funcționează bine pe Raspberry Pi 4 Model B, asigurând un proces rapid de capturare și procesare a imaginilor. Recunoașterea facială este precisă și eficientă, iar aplicația răspunde rapid la comenzi, garantând o utilizare fluidă.

Impactul aplicației este semnificativ, având în vedere că tehnologiile de recunoaștere facială și prelucrare a imaginilor sunt din ce în ce mai populare în industrii diverse. Aplicația nu doar că îndeplinește nevoile actuale ale utilizatorilor, dar adaugă și un element de interactivitate și personalizare, făcând aceste tehnologii mai accesibile și mai atractive pentru un public larg.

6. Referințe bibliografice

1. Open Camera. Open Camera Official Website. Disponibil la: <https://opencamera.org.uk/>, ultima accesare pe 5 mai 2025.
2. Android Developers. CameraX - Android Jetpack Camera. Disponibil la: <https://developer.android.com/jetpack/androidx/releases/camera>, ultima accesare pe 5 mai 2025.
3. Espressif Systems. ESP-WHO: Face Detection, Recognition and Tracking Framework. Disponibil la: <https://github.com/espressif/esp-who>, ultima accesare pe 5 mai 2025.
4. Espressif Systems. ESP32-CAM: Camera Module. Disponibil la: <https://www.espressif.com/en/products/modules/esp32-cam>, ultima accesare pe 5 mai 2025.