

# Recunoaștere facială

Joandrea Sergiu-Cătălin  
Student Master Ingineria Datelor  
Universitatea Politehnica din Timișoara  
sergiu.joandrea@student.upt.ro

Avram Alin  
Student Master Ingineria Datelor  
Universitatea Politehnica din Timișoara  
alin.avram@student.upt.ro

**Abstract—** Scopul acestui proiect este de a implementa un algoritm de recunoaștere facială capabil să identifice cu acuratețe persoanele dintr-un set de date. În vederea realizării acestui proiect folosim Python care oferă numeroase biblioteci, inclusiv OpenCV, specializat pe prelucrări de imagini și video. Primul pas constă în detectarea feței din imaginile de intrare sau cadre video. După detectarea cu succes extragem trăsăturile cheie ale feței cum ar fi ochii, nasul și gura. Acești vectori caracteristici sunt apoi utilizați pentru a genera o semnătură facială unică pentru fiecare individ din baza de date. Pe baza acestor semnături vor rezulta detecțiile afișate în interfața grafică.

**Cuvinte cheie—**recunoaștere facială; Eigenfaces; PCA; LDA; Fisherfaces; Python; Open CV; LFW.

## I. INTRODUCERE(Alin)

Metodele bazate pe biometrie, inclusiv recunoașterea facială, au apărut ca cea mai promițătoare și robustă modalitate de a recunoaște oamenii în ultimii ani. Domeniul biometriei ia în considerare caracteristicile biologice ale unei persoane, care sunt unice pentru acel individ, iar informațiile obținute sunt potențial utile în identificarea umană.[3]

În timp ce oamenii pot relativ ușor să păcălească, identificatorii biometrici – adică trăsăturile biologice individuale, cum ar fi amprentele mâinilor, fețele, irisul și amprentele digitale – sunt comparativ mai siguri și mai greu de furat, deoarece „corpul nu minte niciodată” și este foarte dificil să fie modificate caracteristicile biometrice.[4]

Verificarea identității a fost pentru o perioadă lungă de timp legată de un identificator deținut de cineva (cheie, card magnetic sau cu cip) sau știut (PIN, parolă), dar biometria a realizat o verificare și o identificare mai fiabilă.[5][6] În efortul de a spori securitatea, specialiștii în domeniu cercetează modul de implementare a acestor metode de autentificare biometrică la nivelul camerelor de supraveghere în zone publice. Identificatorii biometrici trebuie să îndeplinească următoarele cerințe: performanță, măsurabilitate, permanență, universalitate și unicitate.[7][2]

Fața este o parte esențială a ființelor umane care dezvăluie identitatea lor unică, emoțiile și vârsta lor.[8]

Recunoașterea feței este una dintre cele mai ușor de utilizat metode de autentificare în ultimii ani. În recunoașterea feței, o persoană este recunoscută folosind o imagine facială digitală, aceasta fiind în centrul cercetării de mai bine de un deceniu, în cadrul unei comunități de cercetare extrem de activă. Un individ este recunoscut pe baza anumitor trăsături faciale care le sunt unice.[1]

Deoarece fețele sunt extrem de dinamice și pun mai multe

probleme și provocări de rezolvat, cercetătorii din domeniul recunoașterii modelelor, viziunii computerizate și inteligenței artificiale au propus mai multe soluții pentru a reduce astfel de dificultăți, astfel încât să îmbunătățească acuratețea recunoașterii.[9]

Abordările de recunoaștere a feței pot fi clasificate fie ca fiind holistice, fie bazate pe caracteristici. Caracteristicile utilizate în abordările holistice și bazate pe caracteristici sunt fundamental diferite.[9]

În abordarea holistică, întreaga regiune a feței este luată în considerare ca date de intrare în sistemul de captură a feței.[10]

În abordarea bazată pe caracteristici, cum ar fi ochii, gura, nasul vor fi extrase și prelucrate pentru a putea identifica o față.[10]

## II. METODE DE RECUNOAȘTERE FACIALĂ(Sergiu)

Există numeroase abordări pentru recunoașterea feței, fiecare venind cu avantajele și dezavantajele sale. Complexitatea, costurile de implementare, sensibilitatea la lumină, expresiile feței, umbră sau necesitatea centrării feței în imagine sunt doar câteva dintre caracteristicile ce definesc aceste abordări.

Printre cele mai folosite tehnici de recunoaștere facială au în vedere crearea imaginilor Eigenfaces sau Fisherfaces. Aceste tehnici au la bază analiza componentelor principale sau analiza liniară discriminantă a imaginilor.

### 1. Analiza componentelor principale

Analiza componentelor principale (PCA) este o tehnică algebrică și statistică cu aplicații în compresia datelor și extragerea caracteristicilor imaginilor.[11]

Aplicarea acestei metode pornește de la presupunerea că fiecare set de date poate fi reprezentat vectorial.[11]

În contextul recunoașterii faciale, PCA este adesea folosit pentru a extrage caracteristicile relevante ale fețelor din imagini, permițând o reprezentare mai eficientă a acestora. Unul dintre cele mai cunoscute exemple de aplicare a PCA în recunoașterea facială este în cadrul metodei Eigenfaces.[12]

Metoda Eigenfaces utilizează PCA pentru a identifica componentele principale ale fețelor dintr-un set de imagini. Acest proces implică transformarea matricilor de pixeli ale imaginilor faciale într-un set de vectori proprii reprezentativi.

Eigenfaces sunt practic vectori care reprezintă direcțiile principale de variație în ceea ce privește trăsăturile feței. Prin identificarea și utilizarea Eigenfaces, metoda Eigenfaces devine o tehnică puternică și eficientă în recunoașterea facială, permițând o reprezentare compactă și robustă a fețelor în cadrul aplicațiilor practice.[12]

Astfel, în loc să se lucreze cu întreaga matrice de pixeli a imaginii, se poate lucra cu aceste componente principale, ceea ce permite o analiză mai eficientă și rapidă a similarităților și diferențelor între fețe, așa cum se poate vedea în Fig.1.[12]

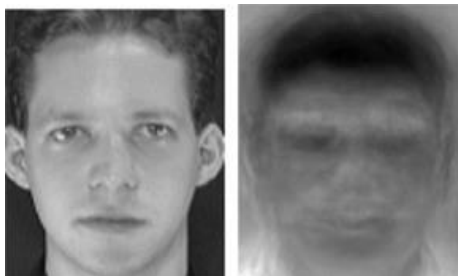


Fig.1. Imagine originală și Eigenface [11]

## 2. Analiza liniară discriminantă

La fel ca și PCA, analiza liniară discriminantă (LDA) este o tehnică algebrică și statistică care are ca și obiectiv găsirea vectorilor de bază care pot diferenția între mai multe clase.[13]

În domeniul recunoașterii faciale, LDA este adesea aplicat în cadrul metodei Fisherfaces, care se bazează pe găsirea unei proiecții liniare optime pentru separarea fețelor care aparțin diferitelor persoane sau clase.[13]

Metoda Fisherfaces se concentrează pe găsirea unei proiecții liniare care maximizează separarea între fețele diferitelor persoane și minimizează variația internă în cadrul fiecărei clase.[13]

Prin determinarea vectorilor și valorilor proprii corespunzătoare acestor matrici, se identifică direcțiile optime de proiecție care permit o separare maximă între diferitele clase de fețe. Aplicarea LDA în cadrul metodei Fisherfaces permite reducerea dimensionalității setului de date de imagini, păstrând în același timp informațiile relevante identificării și separării fețelor diferitelor persoane.[13]

Acest lucru facilitează procesul de recunoaștere facială prin concentrarea pe trăsăturile semnificative care permit distingerea clară între indivizi. Această tehnică este utilizată într-o varietate de aplicații practice, inclusiv în domenii precum securitatea, monitorizarea și autentificarea bazată pe biometrie.[13]

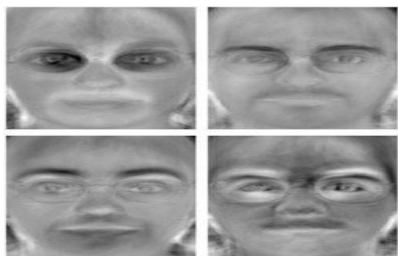


Fig.2. Procesarea imaginii cu Fisherfaces

## III. METODOLOGIA ALEASĂ(Alin)

Detectia este realizată folosind două componente fiecare performantă pe o anumită ramură, și anume MTCNN (Multi-task Cascaded Convolutional Networks) și InceptionResNetV1. MTCNN performează în detectarea fețelor, în timp ce InceptionResNetV1 pe extragerea informațiilor din imagini și clasificarea lor.

MTCNN se bazează pe analiza imaginilor în etape (sau cascade). Această abordare ierarhică a detecției ajută la regiuni care delimitează individual fețele mai rafinate.

Fiind puțin influențat de factori precum orientarea sau variații ale feței, MTCNN este des întâlnit în aplicații care au nevoie de un răspuns rapid și dispun de resurse computaționale limitate. [15]

InceptionResNetV1 presupune o arhitectură avansată a unei rețele neuronale și integrează conexiuni reziduale care îi facilitează procesul de învățare automată și aprofundată. Având un echilibru între resursele folosite și performanțe, acesta reprezintă o soluție des aleasă pentru extragerea caracteristicilor din imagini.[16]

Prin urmare cele două metode se potrivesc scopului aplicației oferind echilibru între performanțe și resursele computaționale utilizate. În plus, cele două sunt comune, au mai fost implementate în cadrul limbajului de programare Python și presupun un grad moderat de dificultate.

## IV. IMPLEMENTARE(Sergiu)

### 1. Limbajul de programare Python

Limbajul Python a fost ales pentru realizarea acestui proiect datorită a două avantaje pe care acesta le oferă dezvoltatorilor.

Un prim avantaj îl constituie simplitatea scrierii programelor. Sintaxele sunt scurte, concise și ușor de înțeles chiar și de dezvoltatorii începători. Simplitatea sintaxei aduce dezavantajul unei compilări mai lente, dar care nu ne influențează în cadrul acestui proiect.

Cel de-al doilea avantaj îl reprezintă multitudinea de librării de care dispune limbajul Python. Printre acestea se enumeră OpenCV, PIL, numpy, librării cunoscute în procesarea de imagini.

### 2. Baza de date aleasă

Baza de date Labeled Faces in the Wild (LFW) este un set de date cunoscut în cercetări privind autentificarea biometrică folosind fețele oamenilor.[14]

A fost creată de cercetătorii de la Universitatea Massachusetts. Scopul principal al dezvoltării sale a fost de a oferi o provocare pentru evaluarea performanței algoritmilor de recunoaștere a fețelor în condiții necontrolate.[14]

Baza de date LFW conține peste 13.000 de imagini a aproximativ 1.680 de oameni. Imaginile care alcătuiesc baza de date sunt luate din diferite surse publice

de pe internet. Aceste imagini prezintă o varietate diversă de persoane din diferite medii, etnii, vârste și genuri, și cuprind o serie largă de variații în ceea ce privește condițiile de iluminare, expresiile feței, pozițiile și oclăurile. Setul de date include atât vederi frontale, cât și laterale, subiecții prezentând diverse expresii faciale, inclusiv zâmbete, încruntări și expresii neutre.[14]

Imaginile au fost colectate cu detectorul de fețe Viola Jones și fiecare față are o etichetă cu numele persoanei respective.[14]

Aceste imagini se regăsesc structurate astfel:

- \$root path\$/N\_P/N\_P\_X.jpg
- N\_P: identificator unic al unei persoane din baza de date (numele+prenumele);
- X: index al imaginii pentru fiecare persoană format din 4 cifre.

Fig. 3, câteva exemple de imagini din baza de date LFW:



Fig.3. Imagini preluate din baza de date LFW [14]

### 3. Etapele realizării recunoașterii faciale

Imaginile faciale vor fi prelucrate prin redimensionare, corectarea contrastului, eliminarea zgomotului și alinierea fețelor pentru a asigura o reprezentare clară și coerentă a datelor.

Eigenfaces vor fi extrase folosind algoritmul PCA pentru a identifica direcțiile principale de variație în ceea ce privește trăsăturile fețelor umane, pregătind astfel terenul pentru recunoașterea facială ulterioară.

Aplicând o tehnică de reducere a dimensiunii datelor, vom simplifica și optimiza procesul de recunoaștere facială.

Prin calcularea măsurilor de similaritate, vom compara și identifica fețele individuale folosind Eigenfaces prelucrate, consolidând astfel eficacitatea metodei propuse în contextul recunoașterii faciale.

Rezultatele vor fi vizibile în cadrul unei interfețe grafice.

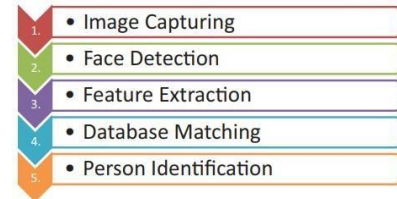


Fig.4. Workflow-ul unui sistem de recunoaștere facială [1]

În Fig.4 sunt prezentați pașii care sunt implementați la nivelul unei aplicații de recunoaștere facială.

Pornind de la acești pași am realizat diagrama bloc (Fig.5) care prezintă mult mai în detaliu etapele prin care trece un astfel de sistem.

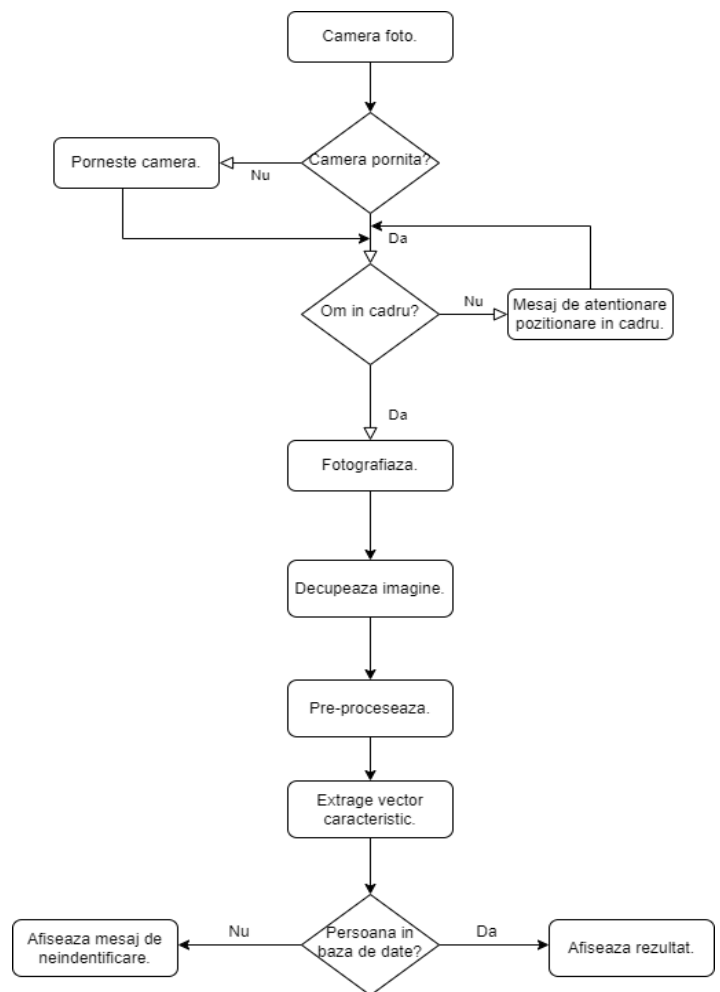


Fig.5. Diagramă bloc recunoaștere facială

În urma implementării am obținut o aplicație care enumeră următoarele funcționalități:

- Detectează și recunoaște persoana din cadru, iar dacă persoana nu este în baza de date se va afișa “Necunoscut”. Va fi afișat un avertisment dacă nu este recunoscută vreo față în cadru;
- Adăugare în baza de date. Utilizatorul se poate adăuga în baza de date urmând în ordine de sus în jos cele 3 elemente grafice: câmpul pentru introducere nume, butonul pentru realizarea fotografiilor și butonul pentru adăugarea utilizatorului. În cazul în care ordinea nu este respectată utilizatorul va fi avertizat prin mesaje specifice. Dacă pașii au fost urmați cu succes atunci baza de date va fi actualizată și modelul reantrenat cu noua bază de date;
- Ștergerea unui utilizator existent în baza de date. Avem un câmp care va fi completat de utilizator cu numele celui pe care dorește să îl șteargă. Dacă utilizatorul există, aplicația va șterge utilizatorul din baza de date și reantrena modelul. În caz contrar utilizatorul va fi notificat printr-un avertisment.

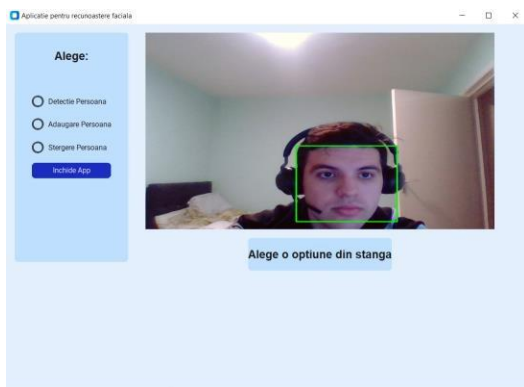


Fig.6. Captură de ecran din aplicația realizată

În urma utilizării în diferite scenarii am ajuns la următoarele concluzii:

- Aplicația îndeplinește cerințele, principalele fiind funcționalitățile pentru achiziția, adăugarea și ștergerea din baza de date;
- Pentru 100 de persoane în baza de date inițializarea și învățarea modelului durează aproximativ 32 de secunde
- Antrenarea după adăugarea/ ștergerea din baza de date durează la fel ca și pornirea aplicației;
- PyTorch favorizează dispozitivele cu placă video NVIDIA folosind resursele acestora unde este posibil.

- [1] P. Kaur, K. Krishan, S. K. Sharma, and T. Kanchan, “Facial-recognition algorithms: A literature review,” *Med Sci Law*, vol. 60, no. 2, pp. 131–139, Apr. 2020.
- [2] A. R. S. Siswanto, A. S. Nugroho, and M. Galinium, “Implementation of face recognition algorithm for biometrics based time attendance system,” in *2014 International Conference on ICT For Smart Society (ICISS)*, Bandung, Indonesia: IEEE, Sep. 2014, pp. 149–154.
- [3] R. Jafri and H. R. Arabnia, “A survey of face recognition techniques,” *Journal of Information Processing Systems*, vol. 5, no. 2, pp. 41–68, Jun. 2009.
- [4] L. D. Introna and H. Nissenbaum, “Facial Recognition Technology: A Survey of Policy and Implementation issues,” ResearchGate, Jul. 2009.
- [5] Z. Riha and V. Matyas, “Biometrics Authentication systems,” Faculty of Informatics Masaryk University, 2000.
- [6] A. K. Jain, A. A. Ross, and K. Nandakumar, “Introduction to Biometrics” Springer.
- [7] A. K. Jain, P. Flynn, and A. A. Ross, “Handbook of Biometrics,” New York: Springer, 2010.
- [8] Agrawal AK and Singh YN, “Evaluation of face recognition methods in unconstrained environments,” *Procedia Comput Sci* 2015; 48: 644–651.
- [9] G. M. Zafaruddin and H. S. Fadewar, “Face recognition: A holistic approach review,” in *2014 International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I)*, Mysore, India: IEEE, Nov. 2014, pp. 175–178.
- [10] D. N. Parmar and B. B. Mehta, “Face Recognition Methods & Applications,” vol. 4, 2013.
- [11] J. Chen and W. K. Jenkins, “Facial recognition with PCA and machine learning methods,” in *2017 IEEE 60th International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS)*, Boston, MA, USA: IEEE, Aug. 2017, pp. 973–976.
- [12] M. Turk, A. Pentland. “Face Recognition Using Eigefaces”, In *Proc. IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 586-591, 1991.
- [13] F. Z. Chelali, A. Djeradi and R. Djeradi, “Linear discriminant analysis for face recognition,” *2009 International Conference on Multimedia Computing and Systems*, 2009, pp. 1-10.
- [14] G. B. Huang, M. Ramesh, T. Berg, and E. Learned-Miller, “Labeled Faces in the Wild: A Database for Studying Face Recognition in Unconstrained Environments”.
- [15] N. Zhang, J. Luo and W. Gao, “Research on Face Detection Technology Based on MTCNN,” *2020 International Conference on Computer Network, Electronic and Automation (ICCNEA)*, Xi'an, China, 2020, pp. 154-158, doi: 10.1109/ICCNEA50255.2020.00040.
- [16] Li Z, Chen Z, Che X, Wu Y, Huang D, Ma H and Dong Y (2022) A classification method for multi-class skin damage images combining quantum computing and Inception-ResNet-V1. *Front. Phys.* 10:1046314. doi: 10.3389/fphy.2022.1046314
- [17] Shuai Peng, Hongbo Huang, Weijun Chen, Liang Zhang, Weiwei Fang More trainable inception-ResNet for face recognition *Neurocomputing*, 411 (2020), pp. 9-19

