**SISTEM VIDEO PENTRU DETECȚIA URMĂRITORILOR DIN TRAFIC**

**Candidat: Nastasia-Elena, Nițu**

**Coordonator științific: Asist.(SL/Lect./Conf./Prof.)dr.ing.(arh./ec./chim.) Valentin-Adrian, Niță**

Sesiunea: Iunie 2022

**REZUMAT**

Rezumatul este destinat să informeze despre conținutul lucrării printr-o scurtă descriere a cercetării de maximum o pagină, a procedurilor/metodelor, precum și a rezultatelor sau concluziilor acesteia. Rezumatul în limba română devine obligatoriu pentru lucrările editate în alte limbi decât limba română și se va scrie cu caractere Arial de 12 pt. Acesta va începe la două rânduri lăsate libere după titlul „REZUMAT”. Înainte de titlu se vor lăsa libere trei linii de 12 pt.

Acestă lucrare de diplomă este realizată în cadrul departamentului de Electronică Aplicată al Universității Politehnica din Timișoara.

Partea teoretică.

Partea practică.

**ABSTRACT**

The English abstract will be on the third page of the manuscript and will present synthetically the paper work. The maximum length of the abstract is one page written with Arial characters, size 12 pt. The abstract text will begin after two blank lines (size 12pt.) from the “ABSTRACT” title. Before title there will be left three blank lines of 12pt size.

**Anexa 1**

Autorul lucrării:

Nițu Nastasia Elena

Titlul lucrării:

Sistem video pentru detecția automată a urmăritorilor din trafic

Structură lucrare:

1. Introducere
2. Metode de detecție obiecte
3. Optimizare detecție în funcție de iluminare și viteză de deplasare
4. Proiectare sistem hardware
5. Algoritmi detecție urmăritori
6. Comunicare cu utilizatorul
7. Concluzii

Lucrarea trebuie finalizată ca:

* Studiu theoretic
* Simulare
* Implementare de metodă/algoritm într-un limbaj de programare

Data completării:

Luni, 8 noiembrie 2021, 15:46

Profesorul coordonator:

NIȚĂ VALENTIN-ADRIAN

Coordonatorul din partea companiei:

Compania în cadrul căreia a fost realizată licența:

**Anexa 2**

Autorul lucrării:

Nițu Nastasia Elena

Scopul proiectului:

Prezenta lucrare (Sistem video pentru detecția automată a urmăritorilor din trafic) propune realizarea unui sistem de recunoaștere automată a numerelor de înmatriculare, folosind Python, Raspberry Pi, Deep Learning și OCR.

Detecția realizată se face pe baza unor fișiere imagine sau în timp real, cu flux de date live de la o resursă de tip cameră web.

Scopul utilizării acestui sistem este atenționarea în timp real a utilizatorului cu privire la posibile autovehicule ce îl urmăresc în scopuri rele.

Cuvinte cheie:

Deep Learning, Transfer Learning, OCR, Python, Image Processing, Tensorflow, Raspberry Pi

Cuprinsul proiectului:

1. Introducere
2. Metode de detecție obiecte
3. Optimizare detecție în funcție de iluminare și viteză de deplasare
4. Proiectare sistem hardware
5. Algoritmi detecție urmăritori
6. Comunicare cu utilizatorul
7. Concluzii

Referințe bibliografice:

1. [Studies in Fuziness and Soft Computing 352] Arindam Chaudhuri, Krupa Mandaviya, Pratixa Badelia, Soumya K Ghosh (auth.) – Optical Character Recognition Systems for Different Languages with Soft Computing (2017, Springer International Publishing AG)
2. Shervin Minaee, Yuri Boykov, Fatih Porikli, Antonio Plaza, Nasser Kehtarnavaz and Demetri Terzopoulos – Image Segmentation Using Deep Learning\_A Survey (2020, arXiv)
3. <https://medium.com/@quangnhatnguyenle/detect-and-recognize-vehicles-license-plate-with-machine-learning-and-python-part-1-detection-795fda47e922>, accesat la data de 07.05.2022
4. <https://towardsdatascience.com/how-to-detect-license-plates-with-python-and-yolo-8842aa6d25f7>, accesat la data de 07.05.2022
5. <https://medium.com/@thephilebuyssens/license-plate-recognition-using-opencv-yolo-and-keras-f5bfe03afc65>, accesat la data de 07.05.2022

Activități desfășurate – până în 07.05.2022 (prezentare succintă, numerotată):

1. Studiu teoretic – studiul referințelor bibliografice, studiul a diferite lucrări științifice și articole deja existente din domeniul Inteligenței Artificiale, Automotive și Machine Learning
2. Studiu pentru implementare – studiul a diferite medii de programare, metode și tool-uri ce pot fi folosite; alegerea celor potrivite proiectului
3. Investigare coduri sursă deja existente
4. Realizarea unui algoritm de bază, ce face detecția numerelor de înmatriculare pe baza unor fișiere imagine, dar și în timp real, de la o resursă de tip cameră web

Cuprins

# INTRODUCERE

Recunoașterea automată a plăcuțelor de înmatriculare (eng. Automatic Number Plate Recognition – ANPR) este tehnologia ce utilizează recunoașterea optică a caracterelor (eng. Optical Character Recognition – OCR) pe fișiere de tip imagine pentru a citi caracterele alfanumerice de pe plăcuțele de înmatriculare a vehiculelor, cu scopul, de obicei, de a capta date despre vehicul și locația acestuia [a].

Alte denumiri folosite frecvent:

* Automatic (or automated) license-plate recognition (ALPR),
* Automatic (or automated) license-plate reader (ALPR),
* Automatic vehicle identification (AVI),
* Automatisk nummerpladegenkendelse (ANPG),
* Car-plate recognition (CPR),
* License-plate recognition (LPR),
* Lecture automatique de plaques d'immatriculation (LAPI),
* Mobile license-plate reader (MLPR),
* Vehicle license-plate recognition (VLPR),
* Vehicle recognition identification (VRI) [a],

În continuare, vom folosi majoritar termenul de ANPR, cu anumite abateri în citări.

ANPR poate folosi televiziunea cu circuit închis (eng. Closed-Circuit Television – CCTV), camere de supraveghere cu scopul de a monitoriza respectarea regulilor rutiere sau camere special concepute pentru această sarcină [a].

Această tehnologie este folosită majoritar de forțele de poliție din întreaga lume în scopuri de aplicare a legii (respectarea limitelor de viteză legale sau determinarea cazului în care un vehicul este înmatriculat sau autorizat). De asemenea, tehnologia este folosită pentru colectarea electronică a taxelor pe drumurile ce necesită plata unei taxe pentru utilizare, dar și ca metodă de catalogare a fluxului de trafic, de exemplu de către agențiile publice de autostrăzi.

Recunoașterea automată a plăcuțelor de înmatriculare poate fi folosită pentru a stoca imaginile surprinse de camere, precum și textul de pe plăcuța de înmatriculare, dar și alte aspecte (unele sisteme sunt configurate pentru a stoca și o fotografie a șoferului).

Sistemele folosesc în mod obișnuit tehnologia cu infraroșu pentru a permite camerei să facă poze la orice oră din zi sau din noapte [1] [2].

ANPR a fost inventat în 1976 la sediul Police Scientific Development Branch din Marea Britanie. Sistemele prototip funcționau deja în 1979 și au fost realizate contracte pentru producerea de sisteme industriale, mai întâi în colaborare cu EMI Electronics, iar apoi Computer Recognition Systems (CRS, acum parte a companiei Jenoptik) din Wokingham, Marea Britanie. Sistemele prototip timpurii au fost implementate pe drumul A1 din Regatul Unit și în tunelul Dartford din aceeși națiune. Prima arestare prin detectarea unei mașini furate a fost făcută în 1981. Tehnologia ANPR, însă, nu a devenit utilizată pe scară largă decât abia în anii 1990, când au fost lansate noi dezvoltări în software mai ieftine și mai ușor de utilizat [3].

Colectarea datelor ANPR pentru utilizare ulterioară (adică pentru soluționarea infracțiunilor neidentificate la momentul realizării acestora) a fost documentată la începutul anilor 2000. Primul caz documentat în care ANPR a fost folosit pentru a ajuta la rezolvarea unei crime a avut loc în noiembrie 2005, în Bradford, Marea Britanie, la condamnarea ucigașilor lui Sharon Beshenivsky, agent de Polție britanic [4].

Aspectul software al sistemului rulează pe hardware-ul standard al unui computer și poate fi conectat la alte aplicații sau baze de date. Mai întâi se utilizează o serie de tehnici de procesare de imagine pentru a detecta, normaliza și îmbunătăți imaginea plăcuței de înmatriculare, iar apoi se realizează recunoașterea optică a caracterelor pentru a extrage cifrele alfanumerice ale plăcuței de înmatriculare.

Sistemele ANPR sunt, în general, implementate într-una dintre cele două abordări de bază: una permite ca întregul proces să fie efectuat la locația preluării de imagine în timp real, iar celălalt transmite toate imaginile la un computer aflat la distanță și realizează, ulterior, procesarea.

Când recunoașterea automată a numărului de înmatriculare se realizează la locul de bază, informațiile capturate ale plăcii alfanumerice, data, ora și orice alte informații necesare sunt procesate complet în aproximativ 250 de milisecunde [5]. În celălalt aranjament, există de obicei un număr mare de PC-uri interconectate pentru a gestiona sarcini mari de lucru. Adesea, în astfel de sisteme, există o cerință de a transmite imagini către serverul aflat la distanță, iar acest lucru poate necesita medii de transmisie cu lățime de bandă mare.

Utilizări:

* Aplicarea legilor rutiere (identificarea vehiculelor neînmatriculate, furate și neasigurate, precum și a șoferilor descalificați sau suspendați, precum și a altor persoane de interes, cum ar fi persoanele cu mandate de arestare emise pe numele acestora) [5],

A picture containing text, outdoor

Description automatically generated

Figura 1 – Exemplu de sistem ANPR ( [5])

* Colectarea taxelor de drum sau a taxelor de parcare,
* Monitorizarea traficului [6],
* Monitorizarea respectării vitezei legale în trafic [7],
* Colectarea de date ce pot fi folosite ulterior în cazuri penale,
* Servicii de securitate pentru întreprinderi [8] (exemplu: înregistrarea numerelor de înmatriculare a mașinilor ce părăsesc stațiile de alimentare fără a plăti),
* Instrumente de marketing personalizat și publicitate direcționată [9],
* Recunoașterea automată a vizitatorilor pe domenii private,
* Testarea automată a emisiilor din trafic [10],
* Calculul duratei necesare unei călătorii,
* Etc.

## CONTEXT

“We can only see a short distance ahead, but we can see plenty there that needs to be done.”

“Putem vedea doar o mică distanță în viitor, dar putem vedea multe acolo care trebuie făcute.”

* Alan Turing, Computing machinery and intelligence [13].

Noi, ca specie colectivă, am visat din totdeauna să creăm mașinării inteligente, capabile de a procesa informație și de a lua decizii singure. Odată cu progresele recente din cercetare, tehnologie și odată cu îmbunătățirea puterii de calcul, inteligența artificială (în engleză, Artificial Intelligence - AI), învățarea automată (în engleză, Machine Learning - ML) și învățarea profundă (în engleză, Deep learning – DL) au devenit un punct focal în rândul tehnologilor și al populației extinse. Deși viitorul promis al Hollywood-ului este sub semne de întrebare încă, am început să vedem și să folosim frânturi ale sistemelor inteligente în viața noastră de zi cu zi. De la asistenți virtuali inteligenți, cum ar fi Google Now, Siri, Alexa sau Cortana, până la mașini cu conducere autonomă, acceptăm treptat astfel de tehnologii inteligente în rutina noastră zilnică.

„One day the AIs are going to look back on us the same way we look at fossil skeletons on the plains of Africa. An upright ape living in dust with crude language and tools, all set for extinction.”

„Într-o zi, mașinăriile echipate cu Inteligență Artificială se vor uita înapoi la noi în același mod în care noi ne uităm la scheletele fosile de pe câmpiile Africii. O maimuță ce stă drept pe două picioare, care trăiește în praf, cu un limbaj grosolan și unelte grosolane, totul pregătit pentru a o conduce la dispariție.”

* Nathan Bateman, Ex Machina (Movie 2014) [12].

Trăim în „epoca datelor”, ce deține o putere de calcul mai bună și mai multe resurse de stocare. Aceste date sau informații cresc pe zi ce trece, dar adevărata provocare este să dăm sens tuturor datelor.

Învățarea automată (în engleză, Machine Learning - ML) schimbă rapid lumea, prin diverse tipuri de aplicații și cercetări efectuate în industrie și mediul academic. Învățarea automată afectează în mod pozitiv fiecare parte a vieții noastre de zi cu zi. De la asistenți virtuali și modele de învățare automată folosite pentru a ne verifica calendarul și a reda muzică, până la reclame personalizate (care sunt atât de precise încât pot prezice de ce vom avea nevoie înainte de a ne da noi seama), învățarea automată este un factor în viețile noastre de zi cu zi, în aproape orice moment.

De ce este important acest proiect?

## OBSTACOLE

Tehnologia ANPR trebuie să țină cont de diferențele plăcuțelor de înmatriculare de la un loc la altul pentru recunoașterea optică a caracterelor (OCR). Când plăcuțele de înmatriculare olandeze au trecut la un stil diferit în 2002, una dintre modificările făcute a fost la font, introducându-se mici spații goale în unele litere (cum ar fi P și R) pentru a le face mai distincte și, prin urmare, mai lizibile pentru astfel de sisteme. Unele standarde naționale pentru realizarea numerelor de înmatriculare folosesc variații ale dimensiunilor fontului și ale poziționării, deci sistemele ANPR trebuie să poată procesa toate aceste diferențe pentru a fi cu adevărat eficiente. Sistemele mai complicate pot face față variantelor internaționale, dar majoritatea sistemelor sunt adaptate individual pentru fiecare țară [11].

În anii 1990, progresele semnificative ale tehnologiei au condus la evoluția sistemelor ANPR de la aplicații limitate, costisitoare și greu de configurat, pe bază de aplicații fixe, la aplicații mobile simple. Aceste progrese tehnologice le-au permis polițiștilor să patruleze zilnic cu beneficiul citirii plăcuțelor de înmatriculare în timp real.

În ciuda aparentei lor eficiențe, există totuși provocări demne de notat legate de sistemele mobile. Una dintre cele mai mari provocări este că procesorul și camerele trebuie să funcționeze suficient de repede pentru a face față unor viteze de deplasare de peste 160 km/h [13a]. Echipamentul de detecție automată trebuie să fie, de asemenea, foarte eficient din punct de vedere al consumului, deoarece sursa de alimentare este, de obicei, o baterie uzuală sau bateria vehiculului. Echipamentul trebuie să fie, în mod ideal, de dimensiuni mici, pentru a fi cât mai portabil.

Algoritmul folosit trebuie, de asemenea, să poată compensa toate variabilele ce pot afecta capacitatea sistemului de detecție de a produce o citire precisă, cum ar fi:

* Momentul zilei (dimineață, prânz, amurg, seară, noapte),
* Vremea (condiții meteo favorabile și nefavorabile),
* Unghiurile dintre camera sistemului și plăcuțele de înmatriculare de procesat,
* Rezoluția slabă a fișierului, de obicei deoarece numărul de înmatriculare se află la o distantă mare față de sistem,
* Imaginile captate neclare datorită faptului că sistemul funcționează asupra unor obiecte aflate în mișcare
* Iluminarea slabă și contrastul scăzut din cauza supraexpunerii, a reflexiei sau a umbrelor,
* Obstrucționarea numărului de înmatriculare de către un obiect, cum ar fi o bară de remorcare sau praf, noroi, zăpadă,
* Schimbarea direcției vehiculului în timpul citirii plăcuței de înmatriculare, de obicei în timpul unor viraje

Deși unele dintre aceste probleme pot fi corectate în pe partea de software, în general rezolvarea obstacolelor revine părții de hardware a sistemului. Creșterea înălțimii camerei poate înlătura, de exemplu, problema obiectelor care întunecă numărul de înmatriculare, dar introduce alte probleme, cum ar fi necesitatea reajustării poziției pentru înclinarea crescută a plăcii. Cele mai multe sisteme avansate din punct de vedere tehnic au o flexibilitate crescută și sunt configurabile, fiind posibilă configurarea unui mai mare număr de camere, uzual între una și patru camere, care pot fi aranjate cum este necesar.

Conceptul de confidențialitate a datelor a cauzat îngrijorări cu privire la ANPR, cum ar fi urmărirea guvernamentală a locației cetățenilor, identificarea greșită, ratele ridicate de eroare și creșterea cheltuielilor guvernamentale. Criticii au descris-o ca pe o formă de supraveghere în masă, susținând, de asemenea, că această tehnologie este folosită pentru a crește veniturile statului, nu pentru a promova siguranța [12].

În cadrul Uniunii Europene, GDPR este legea privind protecția datelor și confidențialitatea care se aplică tuturor persoanelor rezidente. Legea GDPR fost instituită la pentru a le permite cetățenilor Uniunii Europene să-și controleze datele personale. Instituirea acestei legi impune ca orice utilizator al tehnologiei ANPR, fie entități publice sau private, să informeze persoanele că sistemul există, să pună în aplicare o evaluare a riscurilor, să dea curs cererilor de date cu caracter personal, să asiste forțele de ordine atunci în diferite solicitări și să monitorizeze conformitatea pentru orice subcontractanți al produsului [14].

“The Best for the Group comes when everyone in the group does what's best for himself AND the group.”

„Situația cea mai bună pentru grup vine atunci când toată lumea din grup face ceea ce este mai bine pentru sine ȘI pentru grup.”

― John Nash

Realizând această lucrare și, implicit, consultând diferite opinii privind conceptul de ANPR, concluzia trasă a fost că trebuie ajuns la un compromis. Prelucrarea și stocarea datelor de către ANPR poate rănii orgolii individuale și crea scenarii paranoice. În schimb, folosind această tehnologie, putem mări siguranța colectivă și individuală. Într-un scenariu ideal, unde legile sunt respectate, iar rata criminalității nu depășește pragul de nulitate, software-urile ANPR ar fi, fără loc de discuție, un abuz asupra vieții private. Însă, în realitatea cotidiană, acest tip de software-uri sporesc siguranța și obligă cetățenii la respectare legilor. Consider tehnologiile ANPR nu doar folositoare, ci necesare.

## OBIECTIVE

## STRUCTURA LUCRĂRII

1. **ANALIZA ȘI SPECIFICAREA CERINȚELOR**

## DESCRIEREA CATEGORIILOR DE UTILIZATORI

Ar fi utilizat? Sondaj!

## CERINȚE DE SISTEM

## CERINȚE FUNCȚIONALE

## MODELĂRI ALE SISTEMULUI

1. **Actorii și Cazurile de Utilizare**
2. **Descrierea Cazuirlor de Utilizare ale Sistemului**
3. **ABORDĂRI EXISTENTE**

## PRODUSE COMERCIALE

Plate Recognizer este un produs software ce funcționează în orice mediu, optimizat pentru locația utilizatorului. Acest produs comercial returnează utilizatorului marca, modelul, culoarea, regiunea și direcția de deplasare a vehiculelor detectate. Detecția numărului de înmatriculare se poate face pe baza unei imagini sau folosind un flux de date video (chiar și în timp real). Plate Recognizer este destinat monitorizării parcărilor, autostrăzilor si colectării de taxe de drum. Serviciul de detecție în timp real, cu preluare de marcă, model, culoare, orientare și direcție de deplasare, plus accesul la interfața grafică ajunge la prețul de 60 de dolari americani pe lună, pentru un utilizator [14].

OPENALPR propune un sistem asemănător, al cărui preț ajunge la 1499 de dolari ameircani (sistemul video plus 1 an de utilizare a software-ului dedicat) [14].

Compania Axis propune sistemul AXIS P1455-LE-3 Plate Verifier Kit, pe care ei îl descriu ca fiind ieftin, deși funcționează perfect doar în condiții de viteză relativ mică. Sistemul, de tip fix, detectează numărul de înmatriculare și trimite o comandă pe baza acestuia (exemplu: deschidere poartă sau alertă mașină necunoscută). Produsul, pe site-ul devodep.ro, are prețul de 5692 RON [15].

Compania Leonardo a dezvoltat soluția mobilă ELSAG Mobile Plate Hunter, care declanșează alerte cu privire la vehicule marcate anterior din baza de date. Acest produs funcționează, însă, perfect doar pentru vehiculele înmatriculate în Statele Unite ale Americii și pentru alte câteva țări [16].

Prețul oficial nu este afișat pe site-ul acestora, însă variante la mâna a doua se comercializează pe ebay.com la prețul de aproximativ 270 de dolari americani [17].

Care este numitorul comun al tuturor aceste sisteme comerciale existene?

## METODE EXISTENTE

Există șapte algoritmi principali ce sunt folosiți, în general, pentru realizarea software-ului de identificare a unei plăcuțe de înmatriculare:

* Algoritmul de localizare a placuței de înmatriculare – responsabil pentru găsirea și izolarea numprului de înmatriculare de pe imagine,
* Algoritmul de corecție pentru orientarea și dimensionarea plăcuței de înmatriculare - compensează înclinarea numărului de înmatriculare și ajustează dimensiunile la dimensiunea necesară,
* Algoritmul de normalizare – se ocupă cu ajustarea luminozității și a contrastului imaginii captate,
* Algoritmul de segmentare optică a caracterelor – are rolul de identifica fiecare caracter alfanumeric individual de pe numărul de înmatriculare,

Text

Description automatically generated with medium confidence (wiki)

* Algortimul de recunoaștere optică a caracterelor – are scopul de a traduce fiecare caracter detectat pe plăcuța de înmatriculare,
* Algoritmul de analiză sintactică/geometrică – se ocupă de verificarea caracterelor și a pozițiilor acestora în raport cu regulile specifice fiecărei țări,
* Algoritmul de medierea a valorii recunoscute pe mai multe imagini – cu scopul de a produce un rezultat cu o acuratețe ridicată, luând în considerare faptul că fiecare imagine capturată poate conține o lumină reflectată, poate fi parțial umbrită sau poate fi obstrucționată din diverse motive [13a].

## TEHNOLOGII UTILIZATE

Sistemul de operare utilizat este Windows 10. Am folosit, de asemenea, acolo unde era cazul, posibilitatea de a rula instrucțiuni specifice sistemului de operare Linux, pentru a îmbunătăți portabilitatea aplicației.

Învățarea automată (în engleză, Machine Learning – ML) este un vast domeniu al informaticii ce utilizează tehnici statistice pentru a le oferi programelor abilitatea de a învăța din experiențele trecute și de a îmbunătăți modul în care îndeplinesc anumite sarcini, fără a fi programate în mod explicit și fără interveție umană.

Diagram

Description automatically generated(eu)

Practic, sistemele informatice pot oferi un sens datelor în același mod în care o ființă umană ar face același lucru. Astfel, programele de tip ML construiesc modele matematice din date brute folosind algoritmi și metode, iar, pe baza acestor modele, realizează predicții.

Diagram

Description automatically generated (eu)

**"Can machines think?"**

**„Pot mașinăriile să gândească?”**

* **Alan Turing,** "**Computer Machinery and Intelligence**,",1950 [13]

“A computer program is said to learn from experience E with respect to some class of tasks T and performance measure P, if its performance at tasks in T, as measured by P, improves with experience E.”

„Se spune că un program de calculator învață din experiența E cu privire la o anumită clasă de sarcini T și cu măsura performanței P, dacă performanța sa la sarcinile din T, măsurată de P, se îmbunătățește cu experiența E.””

* Tom M. Mitchell [20]

Modelelor de rețele neuronale convoluționale profunde le pot fi necesare zile sau chiar săptămâni pentru a se antrena pe seturi de date foarte mari. O modalitate de a scurta acest proces este de a reutiliza modele pre-antrenate, care au fost dezvoltate pentru seturi de date standard de Computer Vision. Modele performante (uzual, antrenate pe seturi de date mari) pot fi descărcate și utilizate direct sau integrate într-un model. Astfel, învățarea prin transfer implică utilizarea modelelor instruite pe o problemă ca punct de plecare pentru o altă problemă conexă. Conceptul de Transfer Learning este foarte util în momentul în care problema de tratat are un set de date minimal.

Învățarea prin transfer este flexibilă. Modelul pre-antrenat poate fi folosit ca un program separat de extragere a caracteristicilor, caz în care input-ul poate fi preprocesat de model sau de către o porțiune a modelului la un output dat pentru fiecare imagine de intrare, care poate apoi fi utilizată ca intrare atunci când este antrenat un model nou [18].

Alternativ, modelul pre-antrenat sau porțiunea dorită a modelului poate fi integrată direct într-un nou model de rețea neuronală. În această utilizare, ponderile pre-antrenate pot fi înghețate, astfel încât să nu fie actualizate pe măsură ce noul model este antrenat. Alternativ, ponderile pot fi actualizate în timpul antrenării noului model, dar eventual cu o rată de învățare mai mică, permițând modelului pre-antrenat să acționeze ca o schemă de inițializare a ponderilor atunci când antrenează noul model [18].

Python este un limbaj de programare interpretat, cu sursă deschisă, gratuit, popular, care are capabilitățile unui limbaj de programare de nivel înalt. Sintaxa ușor de învățat și capacitatea de portabilitate îi ofeă o mare popularitate în zilele noastre.

Python are o mulțime de puncte forte, printre care și:

* Este ușor de învățat și de înțeles, dispunând de o sintaxă simplă,
* Este un limbajul multifuncțional, deoarece acceptă programarea structurală, programarea orientată pe obiecte, precum și programarea funcțională.
* Dispune de un număr mare de module ușor disponibile pentru utilizare, transformând Python într-un limbaj extensibil.
* Dispune de un suport mare al pentru comunității open source - Fiind un limbaj de programare open source, Python este susținut de o comunitate foarte mare de dezvoltatori.
* Este un limbaj scalabil, deoarece oferă o structură îmbunătățită pentru programele mai mari decât scripturile shell.

Cu toate acestea, deși Python este un limbaj de programare popular și puternic, are propria sa slăbiciune, aceasta fiind reprezentată de viteză lentă de execuție. Această viteză lentă de execuție rezultă din faptul că Python este un limbaj interpretat, și nu unul compilat.

Python ne oferă posibilitatea de a crea un program de detecție și recunoaștere a numerelor de înmatriculare, deoarece are un set extensiv de pachete gata de folosit, multe reprezentând un mare ajutor în domeniul ML. De asemenea, Python este potrivit aplicațiilor de tip ML, deoarece, cu ajutorul acestuia, putem manipula și analiza date, extrage parametrii datelor, manipula, evalua și îmbunătăți datele. Așadar, realizăm aplicația folosind Python și mai multe dintre bibliotecile sale:.

Am folosi mediul de dezvoltare Pycharm IDE, deoarece este disponibil gratuit, are facilități suplimentare la conectarea cu adresa de email academică, are integrat sistemul de versionare git și este potrivit pentru utilizatorii Windows sau Linux.

De asemenea, am folosit Jupyter. Notebook-urile Jupyter oferă un mediu computațional interactiv pentru dezvoltarea aplicațiilor Data Science bazate pe Python. JupyterNotebook-urile ilustrează procesul de analiză pas cu pas prin aranjarea elementelor precum codul, imaginile, textul, rezultatele etc., pas cu pas.

Pentru a izola diversele pachete necesare, am creat un environment virtual. Acest environment face mult mai facilă gestionarea dependințelor proiectului. Virtual environment-ul a fost asociat ipykernel-ului folosit pentru rularea celulelor de cod din cadrul Jupyter Notebook-ului.

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) este o bibliotecă de învățare automată cu sursă deschisă, multiplatformă, ce oferă o infrastructură de bază pentru domeniul Computer Vision. Cu ajutorul OpenCv, pot fi realizate aplicații de conducere autonomă, adnotare a imaginilor, monitorizarea în timp real a recoltelor pe bază de drone, etc.

OpenCv se concentrează, în principal, pe captarea de imagini și fișiere video, pentru a analiza caracteristiic importante din cadrul acestora, cum ar fi detecția de obiecte, detecția de fețe, detecția de emoții, etc. De asemenea, OpenCV este un modul ce facilitează procesarea rapidă, deoarece codul său sursă este bazat pe C/C++ [18].

Astfel, OpenCv joacă un rol principal în aplicațiile de inteligență artificială bazate pe procesarea imaginilor.

Pasul de redimensionare a imaginii ne ajută să evităm orice probleme referitoare la imaginile cu rezoluție mai mare, asigurându-ne că plăcuța de înmatriculare rămâne în continuare în cadru după redimensionare [18].

Am redimensionat fișierul imagine cu un factor de 2x atât în direcția orizontală, cât și în cea verticală folosind cv2.resize.

resize\_test\_license\_plate = cv2.resize(

test\_license\_plate, None, fx = 2, fy = 2,

interpolation = cv2.INTER\_CUBIC)

Convertirea imaginii în tonuri de gri este o practică destul de comună în toate etapele de procesare a imaginii. Acest lucru accelerează alte procese următoare [18].

Convertim imaginea redimensionată în tonuri de gri pentru a optimiza detecșia și a reduce numărul de culori prezente în imagine drastic, ceea ce va ajuta, mai departe, în detectarea mai facilă a numerelor de înmatriculare.

În general, orice imagine va avea informații utile și inutile. În cazul de față, doar plăcuța de înmatriculare reprezintă informație utilă, ce poate fi afectată de zgomot. Utilizăm un filtru bilateral pentru a elimina detaliile nedorite dintr-o imagine [18].

Recunoașterea automată textului (cunoscută și ca recunoașterea optică a caracterelor) este procesul de recunoaștere a textului dintr-un anume scenariu prin înțelegerea și analiza modelelor sale subiacente [19].

Diagram

Description automatically generated (eu)

Cu alte cuvinte, sistemele OCR transformă o imagine bidimensională, care ar putea conține text tipărit sau scris de mână, din reprezentarea de tip imagine într-un text care poate fi citit de către o mașinărie. OCR, ca proces, constă, în general, din mai multe subprocese ce trebuie a fi realizate cât mai precis posibil. Subprocesele acestea sunt, uzual, scanarea imaginii, convertirea elementelor din imagine într-o matrice bidimensională de puncte albe și negre, preprocesarea imaginii, localizarea zonelor de interes (zonele textului), segmentarea caracterelor, recunoașterea caracterelor și, apoi, postprocesarea rezultatului [22].

Recunoașterea optică a caracterelor poate fi folosită în diverse aplicații, cum ar fi citirea documentelor, preluarea informațiilor scrise de mână, identificarea produselor de pe rafturi, audierea textului pentru persoanele cu dificultăți vizuale, detectarea semenelor de circulație și a mesajelor acestora pentru conducerea autonomă și multe altele [19].

Deși este folosit în multiple domenii și aplicații, OCR prezintă, încă, unele dificultăți, ce împiedică performanța. Sursa (documentul, imaginea), în cazul în care este degradată, aduce obstacole în procesarea OCR. Unele dintre caracteristicile de calitate joasă comune sunt iluminarea scăzută, contrastul insuficient între prim-plan și fundal, rezoluția scăzută, caracterele cu aspect șters, zgomotul suprapus peste imaginea captată, etc.

EasyOCR este o librărie OCR optimizată pentru Python pentru extragerea textului din fișiere imagine.

SciPy este un pachet Python gratuit, cu sursă deschisă, folosit pentru calcule computaționale științifice și tehnice. Conține module pentru optimizare, pentru algebră liniară, pentru integrare, interpolare, transformări, procesare de imagine și de semnal și multe alte sarcini inginerești.

PIL/Pillow (Python Imaging Library) este o librărie gratuită pentru limbajul de programare Python, ce oferă suport pentru manipularea a multiple formaturi de imagine. Biblioteca Pillow conține funcționalități de bază de procesare a imaginilor, inclusiv operațiuni de filtrare cu un set de nuclee de convoluție încorporate și conversii în spații de culoare.

NumPy (Numerical Python) este o librărie specifică limbajului Python, ce oferă suport pentru operații computaționale asupra unor matrice și vectori multidimensionali. Operații importante din cadrul pachetului NumPy sunt transformările Fourier și operații de algebră liniară. O imagine, în esență, este o matrice bidimensională sau tridimensională ce conține pixeli. Prin urmare, folosind operații de bază incluse în pachetul NumPy, precum slicing, mascare și indexare, se pot modifica valorile pixelilor unei imagini. Imaginea poate fi încărcată folosind modulul skimage și ulterior afișată folosind modulul Matplotlib.

Matplotlib este librăria specifică Python și NumPy pentru realizarea de grafice bidimensionale și tridimensionale.

Pandas este pachetul Python ce face Python să fie unul dintre limbajele de programare favorite pentru Data science. Pandas este folosit pentru încărcarea, pregătirea, manipularea, modelarea și analiza datelor. Reprezentarea datelor în Pandas se face cu ajutorul a trei structuri de date (serii, data frame-uri și panel-uri). Am folosit data frame-uri, ce reprezintă o structură de date bidimensională, ce conține date eterogene. Data frame-urile sunt folosite, în general, pentru a reprezenta date tabulare (tabele).

PyTorch este o bibliotecă populară de învățare automată Python, bazată pe Torch și dezvoltată de Facebook. Torch este o bibliotecă open-source de învățare automată implementată în limbajul de programare C [21].

PyTorch deține o selecție vastă de instrumente și biblioteci ce extind domeniile de Computer Vision, procesarea limbajului natural (în engleză, Natural Language Processing -NLP) și o serie de alte programe de învățare automată [21].

Tensorflow este biblioteca de bază open source pentru dezvoltarea și și antrenarea de modele ML, creată de Google. TensorFlow este o platformă open source end-to-end pentru învățarea automată. Are un ecosistem cuprinzător și flexibil de instrumente, biblioteci și resurse ale comunității, care permit cercetătorilor să promoveze tehnici de ultimă generție în ML, iar dezvoltatorilor să construiască și să implementeze cu ușurință aplicații bazate pe ML [21].

De asemenea, dispune de o arhitectură flexibilă, ceea ce înseamnă că poate fi implementat pe o mare varietate de platforme, de la procesoare și GPU-uri, până la servere de pe dispozitive mobile [22].

1. **SOLUȚIA PROPUSĂ**

## A

## B

## C

## D

1. **DETALII DE IMPLEMENTARE**
2. **EVALUAREA REZULTATELOR**

## TESTARE

## EVALUARE

Una dintre provocările cele mai mari privind realizarea unui sistem ANPR implică găsirea unui set de date ce poate fi utilizat pentru a antrena un model de învățare automată [18].

Adesea, nu modelul instruit este valoros, ci setul de date pe care o anumită companie l-a organizat. Seturi de date ANPR de dimensiuni largi și robuste pentru antrenare și testare sunt dificil de obținut, deoarece aceste seturi de date conțin informații sensibile, cu caracter personal, iar diversele companii și entități guvernamentale ce dețin astfel de seturi de date nu doresc a le împărtăși din motive de competivitate [15].

1. **CONCLUZII**

## UTILITATE

Ce am realizat în această lucrare.

Ce alte utilizări poate avea?

## DEZVOLTĂRI ULTERIOARE

Natural, primul pas în cadrul unor dezvoltări ulterioare ar fi îmbunătățirea acurateții detecțiilor și a recunoașterii caracterelor. Al doilea pas către un proiect mai performant ar fi maximizarea vitezei de procesare. De îmbunătățit ar fi și interfața grafică, ce ar putea fi mai user-friendly, mai atractivă și mai completă. Un factor ce ar ajuta performanțele proiectului ar fi un dataset extins. Integrarea unor API-uri.

Anexe – Cod, Lista figuri, Lista tabele

# Referințe bibliografice

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | S. Du, M. Ibrahim, M. Shehata și W. Badawy, „Shan Du; IntelliView Technol., Inc., Calgary, AB, Canada; Lakshman, M.; Shehata, M.; Badawy, Wael; Automatic License Plate Recognition (ALPR): A State-of-the-Art Review,” *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology,* vol. 23, nr. 2, pp. 311-325, 11 March 2017. |
| [2] | CCTV Information, „An Introduction to ANPR,” [Interactiv]. Available: https://www.cctv-information.co.uk/article/an-introduction-to-anpr/. [Accesat 4 June 2022]. |
| [3] | ANPR International, „History of ANPR,” [Interactiv]. Available: . http://www.anpr-international.com/history-of-anpr/. [Accesat 4 June 2022]. |
| [4] | BBC, „CCTV network tracks 'getaway car',” 21 November 2005. [Interactiv]. Available: http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk\_news/england/bradford/4455918.stm. [Accesat 4 June 2022]. |
| [5] | Wikipedia, „automatic number-plate recognition,” 1 August 2021. [Interactiv]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Automatic\_number-plate\_recognition. [Accesat 4 June 2022]. |
| [6] | H. M., „https://www.illawarramercury.com.au/story/113726/mass-surveillance-system-nicks-drivers/,” Illawarra Mercury, 6 June 2012. [Interactiv]. Available: https://www.illawarramercury.com.au/story/113726/mass-surveillance-system-nicks-drivers/. [Accesat 4 June 2022]. |
| [7] | Wayback machine, „web.archive.org,” [Interactiv]. Available: https://web.archive.org/web/20080409035619/http://www.extremecctv.com/pdf/productnews/CN040422-Extreme-CCTV-Announces-Contract-for-Stockholm-Traffic-Cameras.pdf . [Accesat 4 June 2022]. |
| [8] | Dutch Attorney General, „www.om.nl,” [Interactiv]. Available: https://www.om.nl/onderwerpen/verkeer/veelgestelde\_vragen/trajectcontrole/. [Accesat 4 June 2022]. |
| [9] | „License Plate Recognition, Tribal Casinos, and banned Persons,” [Interactiv]. Available: https://www.indiangaming.com/istore/Feb11\_Wanser.pdf. [Accesat 4 June 2022]. |
| [10] | www.thenewspaper.com, „UK Billvoards Equipped with License Plate Spy Cameras,” 25 September 2009. [Interactiv]. Available: http://www.thenewspaper.com/news/29/2907.asp. [Accesat 4 June 2022]. |
| [11] | G. J., „PREPARED FOR THE CALIFORNIA AIR RESOURCES BOARD AND THE CALIFORNIA ENVRONMENTAL PROTECTION AGENCY,” *MICROSCALE EMISSIONS MODELING SYSTEM,* pp. 96-316, 2002. |
| [12] | A. Garland, Regizor, *Ex Machina.* [Film]. United States of America: Universal Studios, 2014. |
| [13] | A. M. Turing, „Computing machinery and intelligence,” Aberdeen University Press, Aberdeen, 1950. |
| [14] | U.S. Department of Justice, National Institute of Justice, Automated License Plate Recognition Systems: Policy and Operational Guidance for Law Enforcement, Alexandria, Virginia, 2012. |
| [15] | American Civil Liberties Union, YOU ARE BEING TRACKED How License Plate Readers Are Being Used To Record Americans’ Movements, 2013. |
| [16] | Plate Recognizer, „Automatic License Plate Recognition - High Accuracy ALPR,” [Interactiv]. Available: https://platerecognizer.com/ . [Accesat 4 June 2022]. |
| [17] | DevoDep, „AXIS P1445-LE-3 LPR KIT/PLATE VERIFIER KIT IN,” [Interactiv]. Available: https://devodep.ro/camere-de-supraveghere/262446-axis-p1445-le-3-lpr-kitplate-verifier-kit-in.html. [Accesat 4 June 2022]. |
| [18] | www.leonadocompany-us.com, „The Plate Hunter Mobile License Plate Camera,” [Interactiv]. Available: https://www.leonardocompany-us.com/lpr/elsag-mobile. [Accesat 4 June 2022]. |
| [19] | eBay, „Remington ELSAG ALPR License Plate Reader MPH-900 Mobile Plate Hunter Scanner,” [Interactiv]. Available: https://www.ebay.com/itm/265115650893. [Accesat 4 June 2022]. |
| [20] | T. M. Mitchell, „Machine Learning,” Mcgraw Hill, New York, 1997. |
| [21] | J. Brownlee, „Transfer Learning in Keras with Computer Vision Models,” Machine Learning Mastery, 14 March 2019. [Interactiv]. Available: https://machinelearningmastery.com/how-to-use-transfer-learning-when-developing-convolutional-neural-network-models/. [Accesat 4 June 2022]. |
| [22] | Analytics Vidhya, „Computer Vision to Detect License Number Plate,” 30 December 2021. [Interactiv]. Available: https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/12/computer-vision-to-detect-license-number-plate/. [Accesat 4 June 2022]. |
| [23] | Praveen, „License Plate Recognition using OpenCV Python,” Medium, 9 July 2020. [Interactiv]. Available: https://medium.com/programming-fever/license-plate-recognition-using-opencv-python-7611f85cdd6c. [Accesat 4 June 2022]. |
| [24] | www.learnopencv.com, „Automatic License Plate Recognition using Deep Learning,” 15 March 2022. [Interactiv]. Available: https://learnopencv.com/automatic-license-plate-recognition-using-deep-learning/?ck\_subscriber\_id=452195442. [Accesat 4 June 2022]. |
| [25] | AI & Machine Learning Blog, „[Tutorial] OCR in Python with Tesseract, OpenCV and Pytesseract,” 5 December 2019. [Interactiv]. Available: https://nanonets.com/blog/ocr-with-tesseract/. [Accesat 4 June 2022]. |
| [26] | Simplilearn.com, „Top Python Machine Learning Libraries,” 25 November 2020. [Interactiv]. Available: https://www.simplilearn.com/python-machine-learning-libraries-article. [Accesat 4 June 2022]. |
| [27] | TensorFlow, „TensorFlow,” 2019. [Interactiv]. Available: https://www.tensorflow.org/. [Accesat 4 June 2022]. |
| [28] | R. Vickery, „The Python Machine Learning Ecosystem,” 11 April 2022. [Interactiv]. Available: https://towardsdatascience.com/the-python-machine-learning-ecosystem-7c05be4ac48d. [Accesat 4 June 2022]. |
| [29] | www.javatpoint.com, „Number Plate Recognition using Python - Javatpoint,” [Interactiv]. Available: https://www.javatpoint.com/number-plate-recognition-using-python. [Accesat 4 June 2022]. |
| [30] | PyImageSearch, „OpenCV: Automatic License/Number Plate Recognition (ANPR) with Python,” 21 September 2020. [Interactiv]. Available: https://pyimagesearch.com/2020/09/21/opencv-automatic-license-number-plate-recognition-anpr-with-python/. [Accesat 4 June 2022]. |
| [31] | Openalpr.com, „OpenALPR - Automatic License Plate Recognition,” 2020. [Interactiv]. Available: https://www.openalpr.com/. [Accesat 4 June 2022]. |

Qr code

Description automatically generated

Declarație de autenticitate