

3. Rezumatul lucrării

Detectarea și clasificarea deșeurilor menajere

Secțiune	C. Tehnologia informației
Categorie	Juniori

Scopul

Scopul proiectului este de a sistematiza sortarea și colectarea deșeurilor folosind inteligența artificială cu imagini preluate de la camere video. În acest fel se va realiza, în mod automatizat, sortarea deșeurilor, atât de necesară pentru reciclarea lor corespunzătoare.

Într-o imagine, aplicația detectează deșeurile prezente și le etichetează cu materialul corespunzător.

Obiective

1. Obținerea unui model de inteligență artificială potrivit pentru sarcina identificării, sortării și colectării deșeurilor care să poată fi integrat în diverse aplicații practice.
2. Colectarea de imagini de calitate, cu adnotări corespunzătoare, care pot fi folosite liber, pentru antrenarea acestui model.
3. Antrenarea modelului.
4. Punerea la dispoziție a modelului, a datelor de antrenament, a datelor experimentale și a instrumentelor necesare utilizării acestuia.

Problema identificată spre rezolvare

Colectarea și sortarea deșeurilor este, deseori, inefficientă; această inefficientă ar putea fi ameliorată folosind mijloace informatice.

Etape parcurse

1. Colectarea unei prime baze de date de imagini.
2. Sortarea și adnotarea imaginilor.
3. Crearea unui model inițial de probă, doar pentru clasificare.
4. Colectarea de noi date (aproximativ 2000 de fotografii cu diverse tipuri de deșeuri) pentru îmbunătățirea preciziei.
5. Configurarea unui model YOLO (You Only Look Once)¹ pentru detectare, localizare și clasificare și crearea unor metode de convertire a datelor în formatul folosit de acest model.
6. Crearea unor programe auxiliare pentru îmbunătățirea calității datelor prin transformări aleatorii.
7. Antrenarea modelului, pentru a-l putea folosi.

Metode folosite

Software-ul este realizat în Python 3 (implementarea IPython cu interfața Jupyter Notebook), folosind bibliotecile PyTorch, Pillow și OpenCV. Este bazat pe modelul YOLO¹, versiunea 8.

Majoritatea fotografiilor sunt din sursă proprie. Atunci când sunt dintr-o altă bază de date acest lucru va fi precizat. Toate fotografiile din toate bazele de date folosite sunt disponibile cu licență liberă sau sunt dedicate domeniului public.

Fotografiile proprii sunt realizate cu telefoane mobile, subiectul fiind expus în interior sau găsit în exterior și fotografiat cât mai realist, din diferite unghiuri.

Datele sunt adnotate folosind programul VGG Image Annotator (VIA)² creat la Visual Geometry Group (Oxford), care este un program simplu, într-un singur fișier HTML, pentru definirea de regiuni peste imagini.

Pentru a diversifica datele de antrenament transformăm aleator imaginile prin diverse metode:

- Rotirea la 0, 90, 180 sau 270 de grade și oglindirea.
- Înmulțirea luminozității, a contrastului, a clarității și a saturației, precum și a valorilor individuale ale canalelor roșu, verde și albastru cu 75-125%.
- Adăugarea de „sare și piper”, alegerea unor pixeli (10% din toți pixelii imaginii) care vor fi luminați sau întunecați selectiv.

obținând astfel 3 copii modificate ale fiecărei imagini originale.

Aceste tehnici ajută modelul să detecteze mai bine obiectele în situații necunoscute: condiții de iluminare și unghiuri diverse, fără a fi nevoie de mai multe fotografii.

Pozițiile obiectelor vor fi și ele rotite corespunzător, împreună cu fotografia.

Original



Modificarea 1



Modificarea 2



Modificarea 3



Folosind un program, formatul JSON salvat din VIA este convertit în formatul înțeles de modelele YOLO, care adaugă la fiecare imagine un fișier text cu câte o linie pentru fiecare obiect din imagine, de forma

<numărul categoriei> <x centru> <y centru> <lățime> <înălțime>

unde coordonatele și dimensiunile sunt numere reale de la 0 la 1, relative la dimensiunile imaginii, care sunt în acest caz de 640 pe 640 de pixeli.

Antrenarea modelului este executată pe un calculator propriu folosind un procesor grafic Nvidia.

Capabilități

Modelul poate sorta după materiale:

- **Plastic** (bidon PET, bidon HDPE, caserolă PET, pahar PET, pai PP, tacâmuri PP, țeavă PVC, pahar PS, folie PP, etichetă PP, ghiveci, pungă ecologică etc.)
- **Hârtie** (ziar, cofrag de ouă, cutie de lapte/suc, hârtie de birou, pungă de hârtie, cutie de carton, pahar de carton etc.)
- **Metal** (doză de aluminiu, conservă, capac de sticlă, folie de aluminiu, tub de aluminiu etc.)
- **Electric** (baterii etc.)
- **Medical** (mască facială, mănușă etc.)
- **Textil** (îmbrăcăminte, demachiant, șervețel umed etc.)
- **Sticlă** (sticlă verde, sticlă maro, sticlă albă, cioburi albe etc.)
- **Lemn** (scândură, băț de înghețată etc.)
- **Organic** (fructe, brânză, pâine, carne etc.)
- **Altele** (deșeuri din construcții, muc de țigară, pulverizator, celofan, burete de bucătărie, brichetă etc.)

În realitate există mai multe categorii (peste 90) dar fiindcă momentan nu există destule date, ele au fost grupate în unele mai mari și mai generale.

Pentru fiecare fotografie, programul raportează poziția aproximativă a deșeurilor (ca și coordonate în pixeli: x_{min} , y_{min} , x_{max} , y_{max} , precum și tipul fiecăruia.

Dacă nu există deșeuri cunoscute vizibile în fotografie, nu va returna nimic. În plus, poate returna câte o poziție pentru fiecare deșeu găsit sau detecta mai multe categorii în fiecare imagine.

În exemplele ce urmează poziția obiectelor este marcată cu un dreptunghi turcoaz, iar numele categoriei este scris în colțul stânga-sus al acestuia, precum și probabilitatea ca obiectul să fie detectat corect, între paranteze pătrate.

Modificări față de etapa anterioară

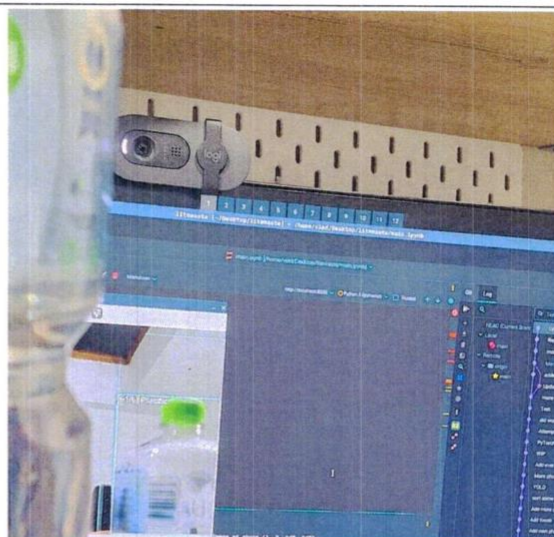
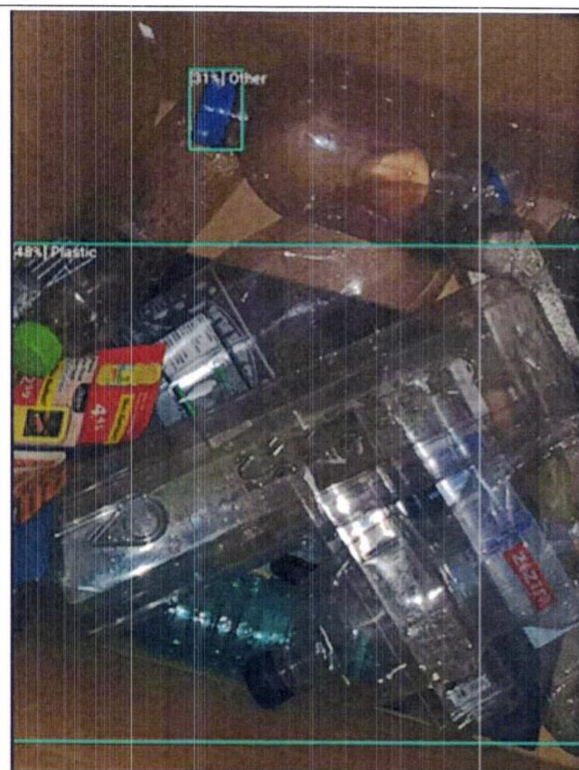
- A fost adăugat un program care folosește camera video a calculatorului pentru a testa robotul, pe lângă cel care încarcă poza din fișier.
- Au fost aplicate tehnici de diversificare a datelor, descrise în secțiunea *Metode folosite*.
- Au fost adăugate mai multe date de antrenament pentru a îmbunătăți performanța modelului (a obține rezultate mai precise).
- Modelul a fost antrenat mai mult timp.
- Codul a fost organizat mai bine.

Date experimentale, exemple de funcționare

Datele experimentale sunt datele returnate de model pentru fotografiile noi, adică pozițiile deșeurilor și tipul acestora.

Au fost analizate pentru a evalua precizia modelului și a observa care categorii se confundă ușor, în ce cazuri este predispus să indice obiecte unde ele nu există sau care tipuri de deșeuri sunt ratate de model.





Exemplu de detectare în timp real
folosind camera video



Concluzii

Acest program ar putea face reciclarea mai ușoară, mai rapidă, mai eficientă și mai corectă pentru toți, deoarece nu ar mai fi nevoie ca cineva să afle mai întâi materialul din care este confecționat un ambalaj, apoi să găsească un punct potrivit de colectare pentru a-l recicla, tot procesul fiind automatizat.

Programul ar putea fi folosit în multe tipuri de hardware, de la un coș de gunoi inteligent cu sortare automată la un robot autonom de curățenie, care duce deșeurile strânse pentru a fi reciclate corespunzător.