



UNIVERSITATEA TEHNICĂ
DIN CLUJ-NAPOCA

PROIECT
PROCESAREA IMAGINILOR
DETECTIA SEMNELOR DE CIRCULAȚIE

Irini Karina - Neghină Laurențiu

30239

CUPRINS

CAPITOLUL I: Descrierea proiectului	3
CAPITOLUL II: Preprocesarea imaginii	4
2.1. Redimensionarea	4
2.2. Eliminarea zgomotelor	5
2.3. Extragerea muchiilor	5
2.4. Deteminarea conturului	6
CAPITOLUL III: Transformări generale ale imaginii	8
CAPITOLUL IV: Recunoașterea formei	9
4.1. Extragerea semnului de circulație	9
4.2. Determinarea formei generale	10
4.3. Discuție aprofundată a formei	11
CAPITOLUL V: Procesarea obiectelor interioare	12
5.1. Traversarea în lățime	12
5.2. Obținerea elementelor interne	13
5.3. Analiza săgeților din cadrul semnelor	13
CAPITOLUL VI: Detecția semnificației individuale	15
CAPITOLUL VII: Pipeline de procesare	17
CAPITOLUL VIII: Concluzii și îmbunătățiri ulterioare	17
CAPITOLUL IX: Bibliografie	18

CAPITOLUL I

DESCRIEREA PROIECTULUI

Acest proiect își propune să dezvolte și să implementeze o metodă eficientă pentru detecția semnelor de circulație regăsite în scene de trafic, în imagini color. Semnele de circulație pot apărea în diverse ipostaze și culori, având forme variate, inclusiv circulare, triunghiulare, rectangulare și octogonale. Metoda de detecție va fi capabilă să identifice exact tipul și denumirea fiecărui semn de circulație prezent în imagine.

Obiectivele Proiectului:

1. Dezvoltarea unei metode de detecție: Se va crea un algoritm capabil să recunoască și să localizeze semnele de circulație din imagini color.
2. Extragerea formei și analiza culorii și a conținutului: După detectarea semnelor de circulație, se va extrage forma acestora. Pe baza formei, se va analiza culoarea și conținutul interior al semnelor pentru a asigura o identificare precisă.
3. Marcarea semnelor detectate: După identificarea și analiza semnelor de circulație, se va aplica un marcaj vizual peste zonele în care au fost detectate aceste semne.
4. Evaluarea performanței: Metoda dezvoltată va fi testată și validată pe un set variat de imagini pentru a asigura acuratețea și fiabilitatea detecției din diverse perspective.

Tipurile de semne de circulație:

- Semne circulare: Acestea impun reguli și restricții de circulație, cum ar fi “Obligatoriu înainte”, “Obligatoriu la dreapta/stânga”, “Ocolire dreapta/stânga sau pe ambele părți”, “Intersecție cu sens giratoriu” și “Acces interzis”.
- Semne triunghiulare: Au rolul de a avertiza șoferii asupra anumitor situații, precum “Cedează trecerea”, “Presemnalizare intersecție cu sens giratoriu” sau “Zonă cu risc ridicat de accident”.
- Semne pătrate: Folosite pentru a oferi informații și indicații, cum ar fi “Trecere de pietoni” și “Prioritate față de circulația din sens invers”.
- Semne rombice: Semnalează situații specifice, cum ar fi “Drum cu prioritate” și “Sfârșitul drumului cu prioritate”.

- Semne dreptunghiulare: Utilizate pentru a avertiza șoferii cu privire la anumite condiții de drum, precum “Cale ferată la 50/100/150 de metri” sau “Curbă deosebit de periculoasă stânga/dreapta”.
- Semne octogonale: Include semnul „STOP”, unul dintre cele mai importante semne de circulație, indicând obligativitatea opirii complete.

CAPITOLUL II

PREPROCESAREA IMAGINII

2.1. REDIMENSIONAREA

Pentru a optimiza detecția contururilor și a formelor în imagini, se utilizează următoarea metodă de redimensionare bazată pe dimensiunile inițiale.

- Se determină raportul dintre lățimea și înălțimea imaginii originale pentru a păstra proporțiile în timpul redimensionării. Acest pas este esențial pentru a preveni deformarea imaginii, care ar putea compromite acuratețea proceselor ulterioare.
- Dacă imaginea are dimensiuni sub 500x500 pixeli, aceasta este redimensionată la dublul dimensiunilor sale originale. Amplificarea unei imagini mici poate îmbunătăți detecția detaliilor, deoarece procesele de identificare a marginilor și a contururilor funcționează mai eficient la rezoluții mai mari.
- Dacă imaginea depășește 500x500 pixeli, aceasta este redimensionată astfel încât înălțimea să fie de 1000 de pixeli, menținându-se proporțiile inițiale. Limitarea înălțimii la valoarea precizată previne utilizarea excesivă a memoriei și a timpului de procesare, ceea ce ar putea încetini algoritmul. Păstrarea proporțiilor garantează că imaginea nu este distorsionată.

Astfel, această metodă de redimensionare a imaginii echilibrează optim calitatea detecției contururilor și a formelor cu eficiența procesării, asigurând rezultate

precise fără a supraîncărca resursele disponibile. Ulterior, imaginile sunt redimensionate astfel încât rezultatele să fie observate corespunzător.

2.2. ELIMINAREA ZGOMOTELOR

Filtrul Gaussian este un instrument puternic pentru netezirea și reducerea zgomotului în imagini. Este eficient datorită nucleului de filtrare generat conform unei distribuții Gaussiane, care atribuie mai multă greutate pixelilor din apropiere și mai puțină celor îndepărtați.

Pentru aplicarea corectă a acestui pas, trebuie să acordăm atenție atât deviației standard, cât și dimensiunii nucleului. Pentru asigurarea unui nivel optim de netezire fără a compromite detaliile cruciale ale imaginii, s-a ales o valoare a deviației standard de 1.5. În ceea ce privește dimensiunea nucleului, 5x5 este selectată pentru a captura influența pixelilor învecinați într-un mod eficient din punct de vedere computațional.

Pentru a gestiona bordurile imaginii în timpul aplicării filtrului, este utilizată funcția `copyMakeBorder`, care adaugă o margine suplimentară în jurul imaginii, umplând-o cu replici ale valorilor marginale. Acest lucru permite filtrării să se desfășoare fără pierderea informațiilor de pe extremitățile imaginii originale.

Elementele nucleului sunt generate folosind formula:

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2}{2\sigma^2}}$$

Unde (x_0, y_0) reprezintă coordonatele coloanei și liniei centrale ale nucleului, iar σ este deviația standard.

2.3. EXTRAGEREA MUCHIILOR

Imaginea prelucrată, cu detalii netezite, este utilizată pentru a facilita procesul de identificare a muchiilor importante de către algoritmul Canny. Eliminarea detaliilor irelevante și a zgomotului din imagine permite algoritmului să se concentreze în mod exclusiv pe identificarea și evidențierea muchiilor semnificative.

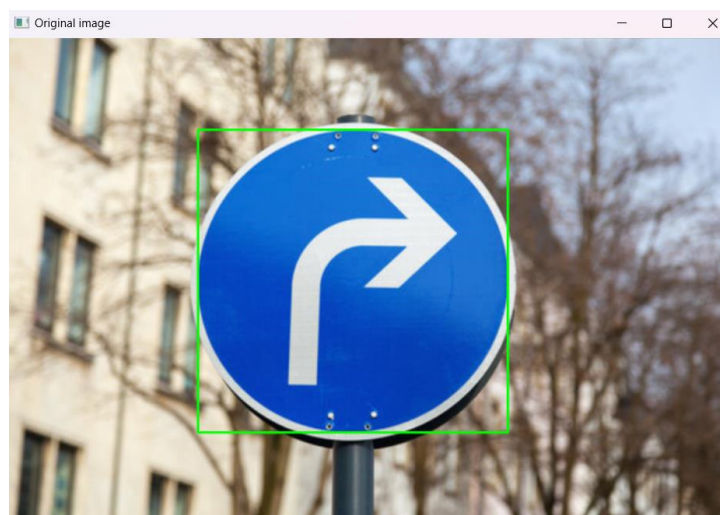
Pentru binarizarea adaptivă a punctelor de muchie și pentru extinderea acestora prin histereză, s-au stabilit praguri minime și maxime la 50, respectiv 150. Valorile definite reglează sensibilitatea algoritmului la variațiile de intensitate din imagine, influențând interpretarea muchiilor: cele cu intensități mai mari decât valoarea maximă sunt considerate muchii tari, în timp ce cele sub pragul minim sunt eliminate. Cele aflate între aceste două valori sunt considerate muchii slabe și sunt păstrate doar dacă sunt conectate la muchii tari.

2.4. DETEMINAREA CONTURULUI

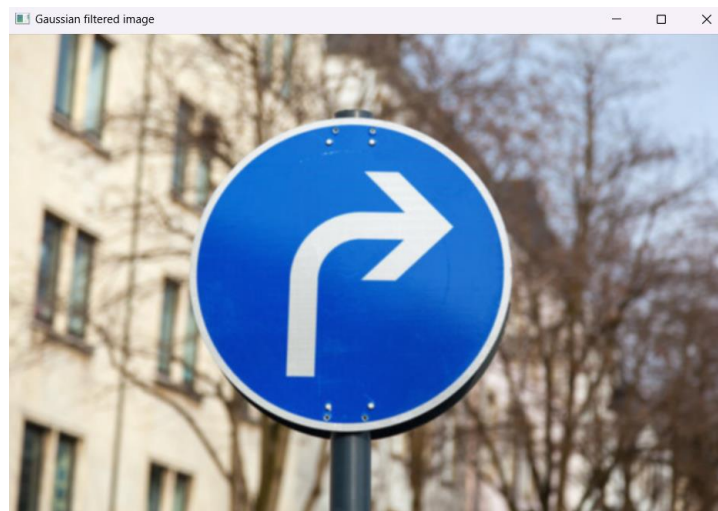
După extragerea muchiilor cu algoritmul Canny, funcția `findContours` identifică și stochează contururile exterioare ale obiectelor din imaginea binară rezultată.

Pentru a simplifica reprezentarea conturilor și pentru a reduce complexitatea, se folosește o metodă de aproximare printr-o linie între punctele consecutive. Aceasta le elimină pe cele redundante și reduce numărul necesar pentru a reprezenta un contur, fără a pierde prea mult din forma originală a conturului.

Excluderea conturilor cu o suprafață sub valoarea prestabilită de 500 de pixeli, îmbunătățește procesul de detecție, concentrându-se astfel exclusiv pe contururile care au potențialul de a reprezenta semne de circulație.



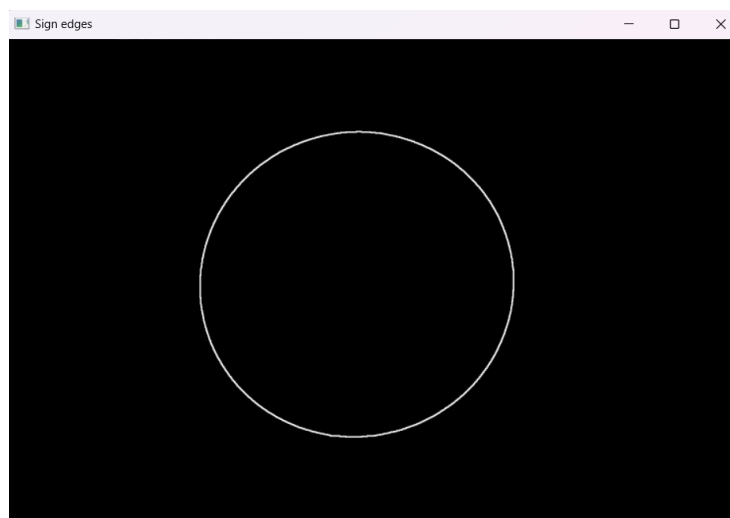
Imaginea originală cu semnul detectat



Eliminarea zgomotelor



Extragerea muchiilor



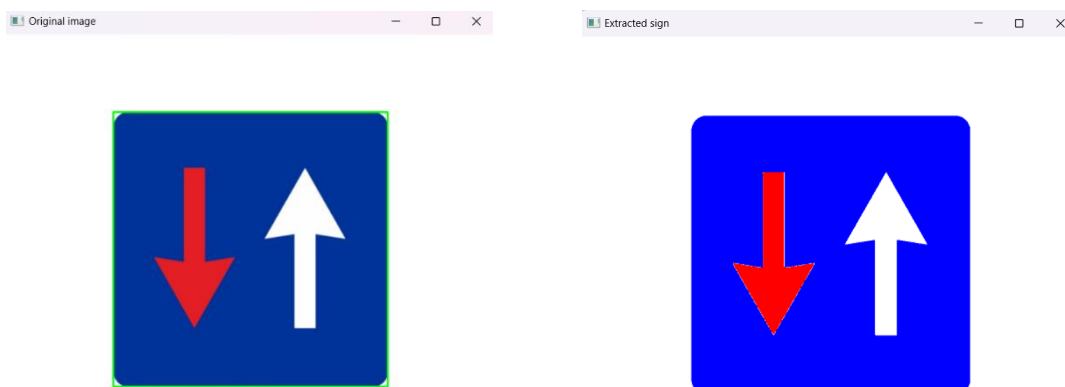
Determinarea conturului

CAPITOLUL III

TRANSFORMĂRI GENERALE ALE IMAGINII

- **Conversia din RGB multiplu la RGB simplificat**

Procesul de conversie constă în iterarea imaginii sursă și înlocuirea fiecărui pixel care se încadrează în gama fiecărei culori elementare cu cea de bază. Astfel, simplificarea paletelor de culori face mai ușoară realizarea anumitor tipuri de analiză a imaginii. Pentru a detecta prezența unei culori specifice, reducerea imaginii la un set mic de culori distincte îmbunătățește acuratețea algoritmului.



- **Conversia din format RGB la formă binarizată**

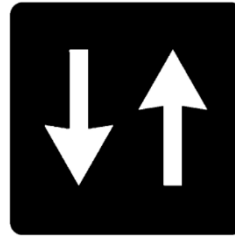
- **Forma fără goluri**

Procesul de conversie constă în iterarea imaginii sursă și detectarea primei și ultimei schimbări de culoare. Pixelii din intervalul găsit vor fi marcați ca fiind parte a obiectului, astfel încât imaginea rezultată să nu conțină goluri.

Conversia imaginii este crucială pentru determinarea elementelor de bază, cum ar fi aria, perimetrul și centrul de masă al obiectului de interes. De asemenea, reprezintă un pas crucial în procesarea ulterioară a informațiilor.

- **Forma cu goluri**

Procesul de conversie implică parcurgerea imaginii sursă și marcarea pixelilor care au valorile celor 3 canale identice cu cele predominante ale obiectului, transformându-i în pixeli de culoare neagră. Astfel, transformarea curentă este utilă în contextul procesării obiectelor din interiorul semnelor de circulație.



CAPITOLUL IV

RECUNOAȘTEREA FORMEI

4.1. EXTRAGEREA SEMNULUI DE CIRCULAȚIE

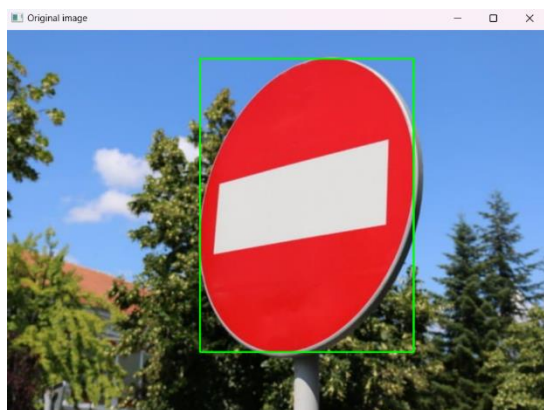
Pentru a obține conturul semnului de circulație, se utilizează funcția `drawContours`. Aceasta funcție desenează toate marginile conturului detectat anterior, folosind culoarea albă și o grosime de 2 pixeli. După acest pas, regiunea de interes (semnul de circulație) este izolată.

Procesul de extragere implică copierea pixelilor din imaginea originală în regiunea delimitată de conturul alb. Această etapă ajută la separarea semnului de circulație de restul imaginii, facilitând procesarea ulterioară.

Pentru a parcurge forma obiectului de interes, se urmează pașii următori:

1. Pentru fiecare linie din conturul recunoscut, se identifică primul și ultimul pixel alb.
2. Pixelii aflați între acești doi indici sunt copiați din imaginea originală, în cea care conține semnul de circulație procesat.

Acest procedeu asigură o izolare precisă a semnului de circulație, pregătindu-l pentru etapele ulterioare de analiză și recunoaștere.



4.2. DETERMINAREA FORMEI GENERALE

Funcția `approxPolyDP` este utilizată în determinarea formei semnelui de circulație prin simplificarea conturilor complexe în poligoane cu mai puține vârfuri. Scopul său este de a păstra esența formei inițiale, reducând totuși complexitatea.

Prin înlocuirea segmentelor curbe cu segmente drepte, conturul inițial devine mai ușor de manipulat, păstrând în același timp trăsăturile esențiale. Acest proces este controlat de o distanță maximă specificată între conturul original și poligonul aproximativ. Pentru a calcula distanța maximă, se folosește formula $\text{arcLength}(\text{contour}, \text{true}) * 0.02$. Primul operand este utilizat pentru a determina lungimea curbei dată de conturul inițial, iar factorul de scalare reprezintă 2% din perimetrul acestuia.

În funcție de numărul de laturi al conturului aproximativ, se determină tipul formei geometrice asemănătoare semnelui de circulație. Dacă conturul are exact 3 laturi, este considerat un triunghi, iar pentru un contur cu exact 4 laturi, este considerat un dreptunghi. În cazul în care conturul are mai mult de 4 laturi, dar mai puțin de 10, este aplicată funcția `approxPolyDP`, de data aceasta cu un factor de scalare de 1% din perimetrul conturului inițial pentru a simplifica forma și a o transforma într-un poligon cu mai puține laturi. Apoi, se verifică dacă poligonul rezultat are exact 8 laturi, caz în care este considerat un octogon, altfel, se presupune că forma este un cerc.

4.3. DISCUȚIE APROFUNDATĂ A FORMEI

○ SEMNE DE CIRCULAȚIE DREPTUNGHILARE

Pentru a recunoaște corect forma obiectelor de interes, în special a semnelor de circulație dreptunghiulare, s-au adoptat măsuri suplimentare datorită includerii formelor pătrate și rombice în această categorie.

1. Calcularea proiecțiilor orizontală și verticală: Se realizează prin însumarea pixelilor pe fiecare linie și coloană a imaginii.

$$h_i(r) = \sum_{c=0}^{W-1} I_i(r, c) \quad v_i(c) = \sum_{r=0}^{H-1} I_i(r, c)$$

2. Determinarea lungimii și lățimii obiectului: Se contorizează liniile și coloanele care conțin pixeli în proiecțiile orizontală și verticală.

3. Verificarea diferenței în proiecția orizontală: Dacă diferența dintre valoarea maximă și cea minimă a proiecției orizontale este sub 30% din valoarea maximă, obiectul este considerat dreptunghi sau pătrat. Altfel, este găsit ca fiind romb.

4. Determinarea tipului de obiect în cazul dreptunghiului sau pătratului: Se calculează diferența dintre lungime și lățime și se stabilește dacă este pătrat sau dreptunghi vertical/orizontal. Pentru aceasta, se definește o toleranță de 30% pe măsurile obiectului și se compară cele două dimensiuni.

○ SEMNE DE CIRCULAȚIE TRIUNGHIULARE

Pentru a recunoaște orientarea semnului de circulație triunghiular se utilizează centrul de masă, mai exact linia centrului obiectului. În plus, se analizează și numărul de pixeli albi de deasupra și dedesubtul acestei linii mediane.

1. Calcularea centrului de masă: Se realizează prin însumarea liniilor și coloanelor care conțin pixeli obiect, împărțind această sumă la aria totală a entității analizate.

$$\bar{r}_i = \frac{1}{A_i} \sum_{r=0}^{H-1} \sum_{c=0}^{W-1} r I_i(r, c) \quad \bar{c}_i = \frac{1}{A_i} \sum_{r=0}^{H-1} \sum_{c=0}^{W-1} c I_i(r, c)$$

2. Identificarea numărului de pixeli albi: Se numără pixelii de culoare neagră de deasupra și dedesubtul liniei mediane a obiectului.

3. Decizia formei finale: Dacă numărul de pixeli albi deasupra este mai mic decât cel dedesubt, rezultatul va fi un triunghi cu vârful în sus. În caz contrar, forma finală va fi un triunghi cu vârful în jos.

CAPITOLUL V

PROCESAREA OBIECTELOR INTERIOARE

5.1. TRAVERSAREA ÎN LĂȚIME

Numărul de obiecte interne ale unui semn de circulație se determină prin utilizarea algoritmului de traversare în lățime:

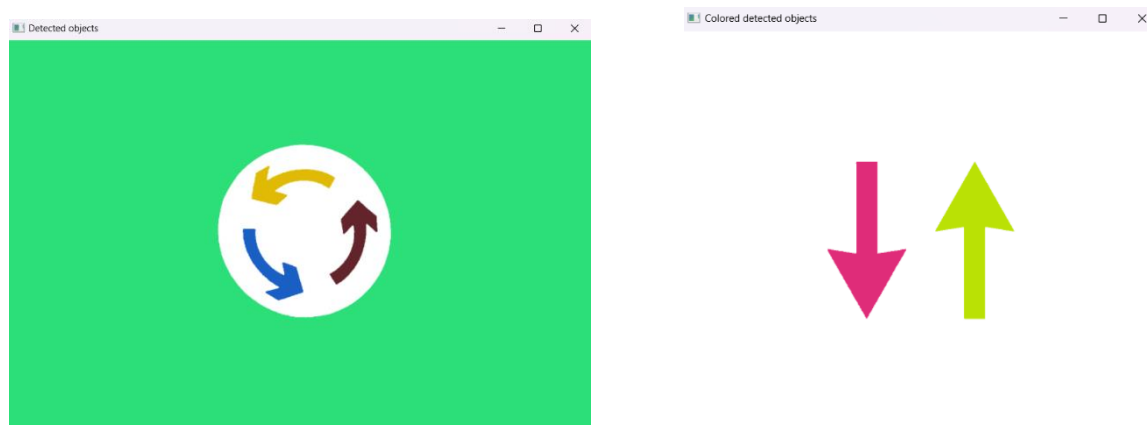
Matricea de etichete este inițializată cu zero pentru toți pixelii, semnificând că aceștia nu sunt etichetați. Apoi, se caută un pixel nemarcat ce face parte din obiect și i se atribuie o etichetă nouă. Aceasta este propagată către vecinii săi, procesul fiind repetat până când toți pixelii obiectului sunt însemnat.

```
label = 0
labels = zeros(height, width)
for i = 0:height-1
    for j = 0:width-1
        if img(i,j)==0 and labels(i,j)==0
            label++
            Q = queue()
            labels(i,j) = label
            Q.push( (i,j) )
            while Q not empty
                q = Q.pop()
                for each neighbor in N8(q)
                    if img(neighbor)==0 and labels(neighbor)==0
                        labels(neighbor) = label
                        Q.push( neighbor )
```

Traversare în lățime pentru etichetarea componentelor conexe

Pentru a asigura o funcționare corectă a algoritmului, au fost definite două funcții:

- O funcție numără elementele formate din pixeli de culoare albă. Se va returna numărul de etichete minus 1, fiind detectat și fundalul.
- O funcție numără elementele formate din pixeli de culoare neagră. Se va returna, pe lângă numărul de obiecte găsite, și imaginea cu acestea colorate independent.



5.2. OBȚINEREA ELEMENTELOR INTERNE

În acest proces, se examinează imaginea binarizată fără goluri pentru a detecta pixelii care sunt colorați conform vectorului specificat. Această analiză se concentrează exclusiv pe zonele din interiorul conturului obiectului de interes. Atunci când un pixel are valoarea 0 în imaginea alb-negru, indicând că face parte din obiectul de interes, și corespunde unei culori din vectorul specificat, este marcat în imaginea de extracție.

5.3. ANALIZA SĂGEȚILOR DIN CADRUL SEMNELOR

5.3.1. Axa de alungire

Această proprietate indică direcția optimă de rotație a obiectului. Pentru a determina unghiul, se aplică funcția arctangentă și apoi se împarte la 2 pentru a-l aduce în domeniul de valori $(-\pi/2, \pi/2)$.

$$\tan(2\varphi_i) = \frac{2 \sum_{r=0}^{H-1} \sum_{c=0}^{W-1} (r - \bar{r}_i)(c - \bar{c}_i) I_i(r, c)}{\sum_{r=0}^{H-1} \sum_{c=0}^{W-1} (c - \bar{c}_i)^2 I_i(r, c) - \sum_{r=0}^{H-1} \sum_{c=0}^{W-1} (r - \bar{r}_i)^2 I_i(r, c)}$$

5.3.2. Semne cu o săgeată

Pentru semnul “Obligatoriu înainte”, se analizează orientarea săgeții, fiind singurul din categoria sa cu o săgeată orientată drept înainte.

În celelalte cazuri, se evaluează simetria pixelilor între partea dreaptă și cea stângă a semnului. Se calculează centrul de masă și se numără pixelii albi de pe fiecare parte a coloanei mediane. Dacă diferența dintre numărul de pixeli de pe partea dreaptă și cea stângă depășește o anumită valoare, atunci sunt considerate semnele “Ocolire prin dreapta” și “Obligatoriu la dreapta”. Orientarea săgeții realizează diferența: un unghi pozitiv indică în jos și spre dreapta, considerându-se primul semn menționat, alfel cel de-al doilea.

Similar, dacă numărul de pixeli de pe partea stângă este mai mare, se analizează semnele “Ocolire prin stânga” și “Obligatoriu la stânga”. Un unghi negativ indică în jos și spre stanga și se identifică primul semn menționat, altfel cel de-al doilea.

5.3.3. Obiecte cu două săgeți

În această categorie se încadrează semnul “Prioritate față de circulația din sens invers”. Acesta este identificat prin faptul că una dintre săgeți are un unghi negativ, iar cealaltă unul pozitiv, folosind logica indusă de conceptul axei de alungire.

CAPITOLUL VI

DETECȚIA SEMNIFICAȚIEI INDIVIDUALE

6.1. SEMNE CIRCULARE

Semnele circulare sunt analizate în funcție de culoarea predominantă. Dacă aceasta este roșie, rezultatul indică “Acces interzis”. O altă posibilitate constă în culoarea albastră, care se reduce la examinarea obiectelor interioare. Dacă numărul acestora este 3, semnul este interpretat ca “Intersecție cu sens giratoriu”. Pentru 2 obiecte interioare, semnul indică “Ocolire prin ambele părți”. În alte situații, semnificația este determinată prin analiza orientării săgeții, așa cum a fost menționat în capitolul anterior.

6.2. SEMNE TRIUNGHIULARE

Semnele triunghiulare sunt analizate în funcție de orientarea lor. Un triunghi orientat în jos indică “Cedează trecerea”. În caz contrar, se iau în considerare obiectele interioare. Un singur element, evaluat ca fiind un cerc folosind conceptul de factor de subțiere, semnifică “Zonă cu risc ridicat de accident”. Dacă există trei obiecte corespunzătoare celor trei săgeți care indică un sens giratoriu, semnul este specific presemnalizării intersecției.

6.3. SEMNE PĂTRATE

În cadrul acestei categorii, sunt analizate două semne cu predominanță de culoare albastră: “Trecere de pietoni” și “Prioritate față de circulația din sens invers”. Pentru primul menționat, se verifică prezența unei forme triunghiulare în interior. În ceea ce privește cel de-al doilea, detaliile se regăsesc în capitolul anterior.

6.4. SEMNE ROMBICE

Cele două semne din această categorie incluse în proiectul prezentat sunt “Drum cu prioritate” și “Sfârșitul drumului cu prioritate”. Pentru identificarea lor, se analizează numărul de obiecte interioare. Primul semn menționat va consta într-un singur obiect, respectiv semnul în sine, în timp ce al doilea va avea cele două jumătăți de romb separate de linia neagră din mijloc.

6.5. SEMNE DREPTUNGHIULARE

6.5.1. ORIZONTALE

Semnele dreptunghiulare orizontale sunt recunoscute drept “Curbă deosebit de periculoasă stânga/dreapta” datorită prezenței a trei linii în interiorul lor.

Procesul de detecție se bazează pe următorii pași:

- Determinarea centrului de masă al obiectului din imaginea binarizată fără goluri.
- Delimitarea marginilor semnului folosind linia mediană.
- Utilizarea acestor informații pentru calculul lungimilor părții stângi și drepte, prin scanarea pixelilor de la centrul de masă către extremități și identificarea tranziției de la culoarea neagră la cea albă.
- Compararea lungimilor, stabilind dacă semnul indică o curbă deosebit de periculoasă la stânga sau la dreapta.

6.5.2. VERTICALE

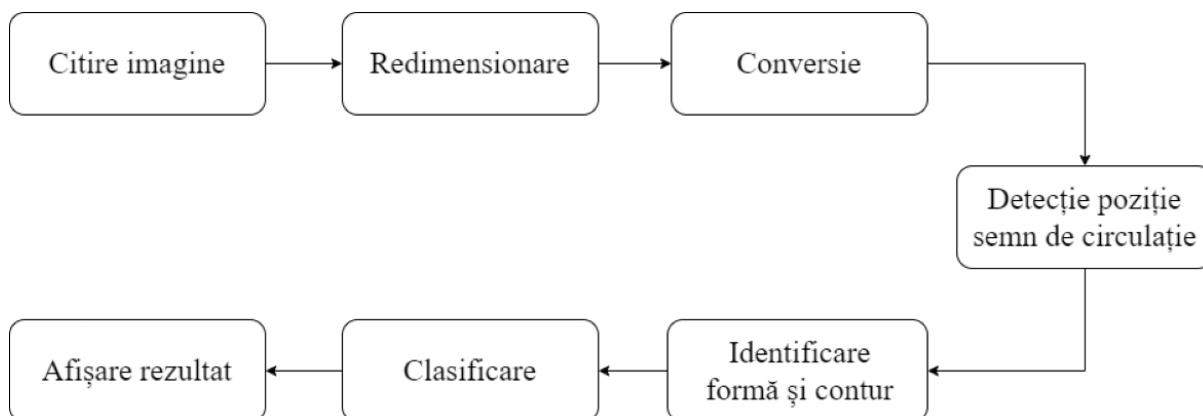
Semnele dreptunghiulare verticale sunt cunoscute sub denumirea de “Cale ferată la 50/100/150 de metri”. Acestea sunt identificate individual în funcție de numărul de linii din interior. O singură linie semnifică o distanță de 50 de metri, două linii de 100 de metri, iar trei linii de 150 de metri.

6.6. SEMNE OCTOGONALE

Singurul semn încadrat în această ultimă categorie este semnul “Stop”. Acesta este identificat exclusiv prin forma sa distinctă, care nu se regăsește în niciun alt semn rutier.

CAPITOLUL VII

PIPELINE DE PROCESARE



CAPITOLUL VIII

CONCLUZII ȘI ÎMBUNĂTĂȚIRI ULTERIOARE

Proiectul propus dezvoltă o metodă robustă pentru detecția semnelor de circulație în imagini color, esențială pentru siguranța rutieră și eficiența traficului.

Utilizând algoritmi și tehnicile de prelucrare a imaginilor studiate în laborator și analizând în detaliu conceptele relevante, s-a implementat o metodă eficientă pentru recunoașterea și localizarea semnelor de circulație în diverse scene de trafic, care variază în forme și culori.

Pentru a avansa acest proiect, este important să se concentreze eforturile pe mai multe direcții:

- Extinderea și diversificarea setului de imagini pentru consolidarea algoritmului. Acest lucru implică creșterea dimensiunii și diversificarea semnelor de circulație pentru a acoperi o gamă largă de scenarii de trafic și condiții de iluminare.
- Continuarea optimizării pentru o detecție și marcarea mai rapidă și mai precisă a semnelor de circulație cu scopul de a reduce erorile.

- Îmbunătățirea capacității de recunoaștere a semnelor, astfel încât algoritmul să fie capabil să gestioneze situații mai complexe, cum ar fi condiții meteorologice adverse sau semne parțial acoperite.

CAPITOLUL IX

BIBLIOGRAFIE

https://users.utcluj.ro/~rdanescu/teaching_pi.html

<https://stackoverflow.com/>