



SISTEME EXPERT

# MANEVRA DE DEPĂȘIRE

Studenți: Aldea Ovidiu Alexandru, Aurică Alina

Profesor îndrumător: Radu Răzvan Slăvescu

Grupa 30643, An 4, TI

# Cuprins

<b>1</b>	<b>Introducere - Domeniul Aplicației și Limitele sale</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Scenarii de test</b>	<b>2</b>
2.1	Zonă de construcții cu restricții de depășire . . . . .	2
2.2	Depășire pe partea dreaptă a unui vehicul care semnalizează stânga . . . . .	3
2.3	Coloană de vehicule în așteptare . . . . .	3
2.4	Coloană oficială . . . . .	4
2.5	Triplare . . . . .	5
2.6	Depășire înainte de o curbă . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Percepții de test și cum se pot obține</b>	<b>6</b>
3.1	Zonă de construcții cu restricții de depășire . . . . .	7
3.2	Depășire pe partea dreaptă a unui vehicul care semnalizează stânga . . . . .	8
3.3	Coloană de vehicule în așteptare . . . . .	10
3.4	Coloană oficială . . . . .	11
3.5	Triplare . . . . .	12
3.6	Depășire înainte de o curbă . . . . .	13
<b>4</b>	<b>Descrierea câte unui cadru din fiecare scenariu</b>	<b>15</b>
4.1	Zonă de construcții cu restricții de depășire . . . . .	15
4.2	Depășire pe partea dreaptă a unui vehicul care semnalizează stânga . . . . .	15
4.3	Coloană de vehicule în așteptare . . . . .	15
4.4	Coloană oficială . . . . .	16
4.5	Triplare . . . . .	16
4.6	Depășire înainte de o curbă . . . . .	16
<b>5</b>	<b>Descriere cod și Validare Output</b>	<b>17</b>
5.1	Zonă de construcții cu restricții de depășire . . . . .	17
5.2	Depășire pe partea dreaptă a unui vehicul care semnalizează stânga . . . . .	17
5.3	Coloană de vehicule în așteptare . . . . .	17
5.4	Coloană oficială . . . . .	18
5.5	Triplare . . . . .	18
5.6	Depășire înainte de o curbă . . . . .	18
<b>6</b>	<b>Teste de performanță</b>	<b>18</b>
<b>7</b>	<b>Concluzie - Limitele sistemului și posibilități de îmbunătățire</b>	<b>19</b>
<b>8</b>	<b>Mențiuni - Cine ce a făcut</b>	<b>20</b>

# 1 Introducere - Domeniul Aplicației și Limitele sale

Tema acestui proiect reprezintă validarea manevrei de depășire pe baza unor scenarii care simulează situații descrise de Codul Rutier aflat în vigoare. Aceste scenarii sunt descrise în fișierele PerceptTestN (N - numărul testului, cuprins între 01 și 06) și sunt formate dintr-un ansamblu de percepții care descriu un cadru anume din scenariul respectiv. Analiza acestor scenarii și returnarea unui răspuns de validare/invalidare a manevrei se realizează prin mecanismul de inferență creat în fișierul DRIVER-AGENT. Inferența este creată pe baza unor reguli pe formatul "if-then" unde "if"-ul este reprezentat de percepțiile care validează manevra (și sunt deja introduse în memoria de lucru), iar "then"-ul este reprezentat de decizia pe care o ia sistemul în aceste situații. La final, în command line, va apărea decizia sistemului expert asupra manevrei de depășire (pentru fiecare timp t, din fiecare scenariu prezentat). Acest mecanism de luare de decizii automat, pe baza regulilor de circulație, și cu ajutorul Machine Learning-ului, este folosit în conducere automată. Singura limitare cu care se confruntă este impredictibilitatea traficului (viteza unei mașini poate varia rapid în timp, mașini care nu respectă regulile de circulație, mașini care fac manevre bruște etc.), prin urmare deciziile nu pot fi mereu precise.

## 2 Scenarii de test

În cele ce urmează, vom prezenta o descriere succintă a fiecăruia din cele 6 scenarii de test, în conformitate cu Legislația Rutieră. [1]

### 2.1 Zonă de construcții cu restricții de depășire

Acest scenariu de depășire are următoarele componente:

1. eveniment
2. drum
3. benzi de circulație
4. mașină
5. semne de circulație:
  - provizoriu: de depășire interzisă
  - încetarea depășirii interzise
6. marcaje despărțitoare pentru benzi:
  - linie discontinuă
  - linie continuă provizorie (galbenă)

În momentul în care ne aflăm într-o zonă de construcții cu restricții de depășire, marcajele și semnele de circulație care sunt galbene, au prioritate în fața marcajelor obișnuite, conform Art. 67, alin. 1 și Art. 120, alin. 1(i) din Codul Rutier. În situația noastră, marcajul cu linie continuă galbenă este mai puternic decât marcajul cu linie discontinuă albă și invalidează manevra de depășire. Același efect îl are și apariția semnului de circulație provizoriu care interzice depășirea.

## 2.2 Depășire pe partea dreaptă a unui vehicul care semnalizează stânga

Componentele acestui scenariu de depășire sunt următoarele:

1. eveniment
2. drum
3. benzi de circulație
4. mașini
5. semnalizarea autoturismului din fața mașinii noastre

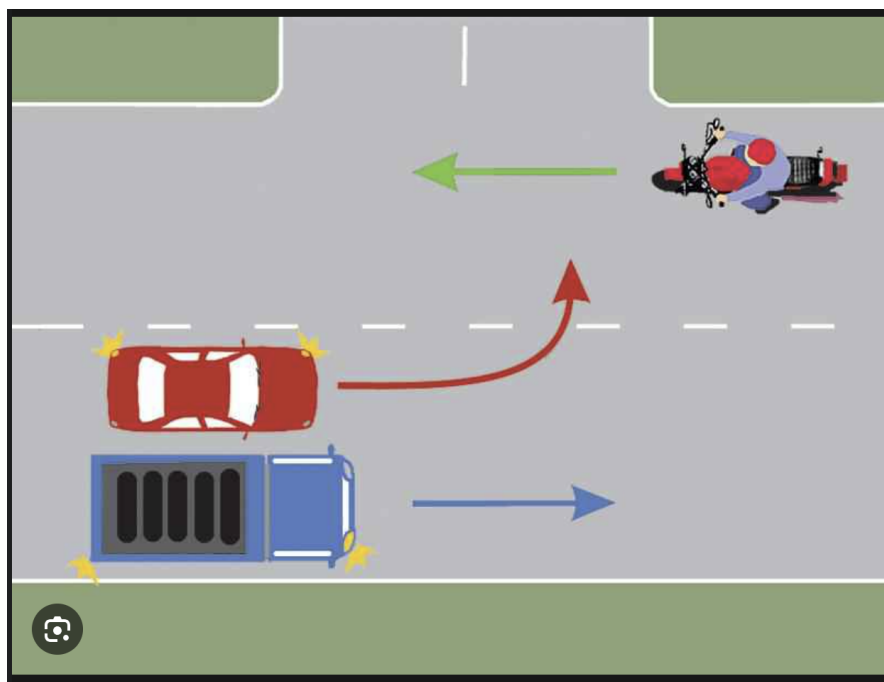


Figura 1: Depășire pe partea dreaptă a unui autovehicul care semnalizează stânga

Conform Art. 149, alin. 1 din Codul Rutier, depășirea vehiculelor se realizează prin partea dreaptă numai când acestea s-au încadrat corespunzător pentru schimbarea direcției de mers și semnalizează stânga. Astfel, în primul nostru cadru mașina noastră dorește să depășească un autoturism care semnalizează dreapta pentru schimbarea benzii, prin urmare manevra este interzisă. În cadrul al doilea, poate depăși ar putea depăși mașina din față, care semnalizează stânga pentru schimbarea direcției de mers, dar are o mașină pe banda cealaltă în dreptul său și nu i se permite, iar în cadrul 3 nu mai întâmpină niciun obstacol și reușește să execute manevra de depășire.

## 2.3 Coloană de vehicule în așteptare

În contextul acestui scenariu avem următoarele componente:

1. eveniment
2. drum
3. benzi
4. mașină
5. coloană de mașini în așteptare
6. coloană de mașini în mișcare
7. marcaje despărțitoare pentru benzi:
  - linie discontinuă
  - linie continuă



Figura 2: Depășirea unei coloane în așteptare

În Art. 120, alin. 1(k), se specifică că depășirea unei coloane de mașini în așteptare este interzisă. Noi am prezentat 3 momente: în care coloana este staționară și nu poate fi depășită, în care nu mai e staționară, dar marcajul despărțitor este diferit și obligă la 2 decizii diferite: depășire permisă - linie discontinuă și depășire interzisă - linie continuă.

## 2.4 Coloană oficială

Scenariul acesta de depășire are următoarele componente:

1. eveniment
2. drum
3. benzi

4. mașină
5. coloană de mașini
6. mașini de poliție - marcate prin sunete de poliție

Tot în Art. 120, dar alin. 2 se specifică interzicerea manevrei de depășire a unei coloane oficiale (coloană de mașini, staționară sau în mișcare, care este încadrată între 2 mașini de poliție). Prin urmare, mașina noastră se află inițial după o coloană de mașini obișnuite, unde i se permite depășirea, apoi după o coloană oficială, situație în care i se interzice depășirea.

## 2.5 Triplare

În componența acestui scenariu se disting următoarele componente:

1. eveniment
2. drum
3. benzi
4. mașini
5. semnalizare

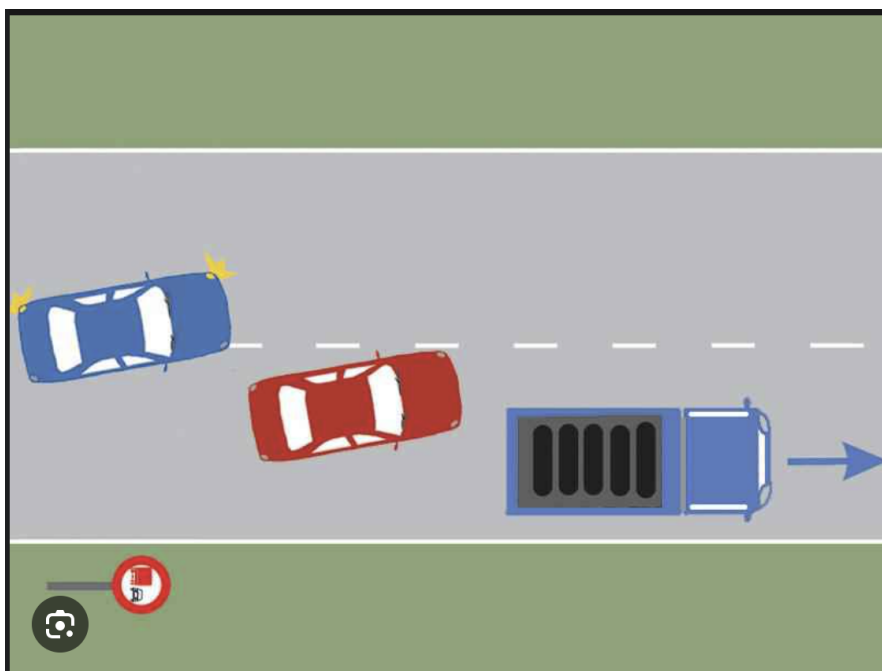


Figura 3: Triplare

Art. 30, alin. 1, specifică că nu ai voie să semnalizezi și să începi o manevră de depășire când persoana din spatele tău a semnalizat și a demarat o procedură de depășire. În scenariul

nostru, mașina poate depăși când autovehiculul din spate nu semnalizează și nu efectuează nicio manevră de depășire, dar îi este interzisă manevra când persoana din spate semnalizează stânga, pentru începerea unei astfel de manevre.

## 2.6 Depășire înainte de o curbă

Ultimul scenariu analizat are următoarele componente:

1. eveniment
2. drum
3. benzi
4. mașini + viteze ale lor
5. semn de circulație: curbă
6. distanța de la semn până la mașina noastră

Art. 120, alin. 1(c) specifică că depășirea este interzisă într-o curbă cu vizibilitate sub 50 de metri. Prin calculul distanței dintre mașina noastră și mașina din față și compararea acesteia cu distanța de la autovehicul la semnul de circulație care semnalizează o curbă, se disting 2 situații: depășire interzisă - când distanța dintre mașini este mai mică (față de distanța până la semnul de circulație), depășire permisă - când distanța dintre mașini este mai mare (față de distanța până la semnul de circulație).

## 3 Percepții de test și cum se pot obține

Cele mai comune percepții, care se găsesc în toate scenariile, pentru fiecare cadru, sunt:

1. (ag\_percept (percept\_pobj ev1) (percept\_pname isa) (percept\_pval event)) - inițializează un eveniment (ev1, ev2, ev3, ev4, ev5, ev6)
2. (ag\_percept (percept\_pobj road1) (percept\_pname isa) (percept\_pval road)) - inițializează un drum
3. (ag\_percept (percept\_pobj road1) (percept\_pname partof) (percept\_pval ev1)) - anexează drumul evenimentului

Sintagma "isa" are rolul de a inițializa un obiect (percept\_pobj) de un anumit tip, oferit de valoarea de la percept\_pval. Sintagma "partof" stabilește o legătură de apartenență între 2 obiecte, unul conținându-l pe celălalt.

Algoritmul prin care detectăm drumul este cel de segmentare ([Semantic Segmentation](#)). Cadrele video folosite de algoritm sunt furnizate de mai multe module video de tip stereo. [2]

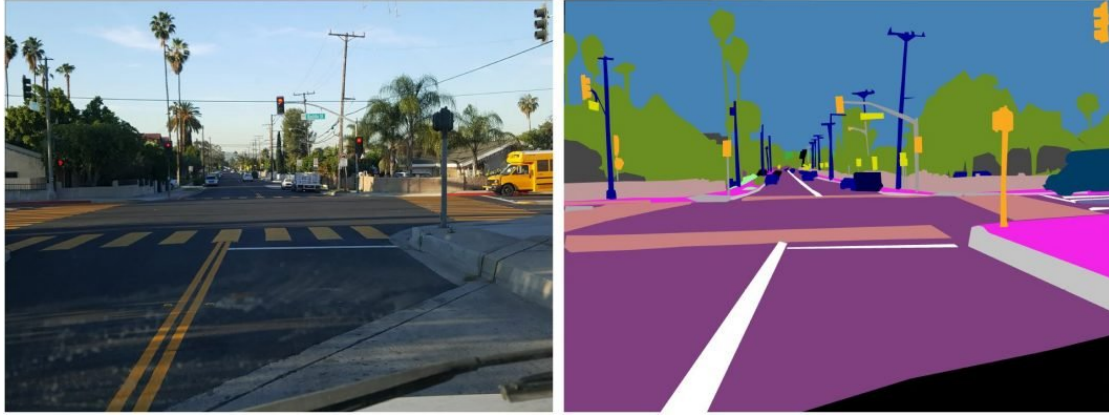


Figura 4: Semantic Segmentation

	mean IU VOC2011 test	mean IU VOC2012 test	inference time
R-CNN [12]	47.9	-	-
SDS [16]	52.6	51.6	~ 50 s
FCN-8s	<b>62.7</b>	<b>62.2</b>	~ 175 ms

Figura 5: Semantic segmentation metrics

### 3.1 Zonă de construcții cu restricții de depășire

Percepțiile specifice acestui scenariu sunt următoarele:

- Inițializări - "isa":
  1. (ag\_percept (percept\_pobj lane1) (percept\_pname isa) (percept\_pval lane)) - inițializează banda 1, pe care se află mașina noastră
  2. (ag\_percept (percept\_pobj lane2) (percept\_pname isa) (percept\_pval lane)) - inițializează banda 2, sensul opus de mers
  3. (ag\_percept (percept\_pobj road\_sign1) (percept\_pname isa) (percept\_pval road\_sign)) - inițializare semn de circulație temporar
  4. (ag\_percept (percept\_pobj road\_mark1) (percept\_pname isa) (percept\_pval road\_mark)) - inițializare linie de demarcaj
  5. (ag\_percept (percept\_pobj road\_mark2) (percept\_pname isa) (percept\_pval road\_mark)) - inițializare linie de demarcaj temporar
  6. (ag\_percept (percept\_pobj my\_car) (percept\_pname isa) (percept\_pval car)) - inițializare mașină
- Atribuirii - "partof":
  1. (ag\_percept (percept\_pobj lane1) (percept\_pname partof) (percept\_pval road1)) - atribuire banda 1 drumului



2. (ag\_percept (percept\_pobj lane2) (percept\_pname partof) (percept\_pval road1)) - atribuie banda 2 drumului
  3. (ag\_percept (percept\_pobj road\_sign1) (percept\_pname partof) (percept\_pval lane1)) - atribuie semnul de circulație temporar benzii 1
  4. (ag\_percept (percept\_pobj road\_mark1) (percept\_pname partof) (percept\_pval road1)) - atribuie linia de demaraj drumului
  5. (ag\_percept (percept\_pobj road\_mark2) (percept\_pname partof) (percept\_pval road1)) - atribuie linia de demaraj temporar drumului
  6. (ag\_percept (percept\_pobj my\_car) (percept\_pname partof) (percept\_pval line1)) - mașina noastră se află pe banda 1
- Denumiri - "name":
    1. (ag\_percept (percept\_pobj road\_sign1) (percept\_pname name) (percept\_pval temp\_prohibited\_overtaking)) - semnul de circulație temporar este de depășire interzisă (la timpii t1 și t2)
    2. (ag\_percept (percept\_pobj road\_sign1) (percept\_pname name) (percept\_pval fin\_temp\_prohibited\_overtaking)) - semnul de circulație temporar este de încetare a restricției de depășire (la timpul t3)
    3. (ag\_percept (percept\_pobj road\_mark1) (percept\_pname name) (percept\_pval split\_line.write)) - linie discontinuă permanentă
    4. (ag\_percept (percept\_pobj road\_mark2) (percept\_pname name) (percept\_pval cont\_yellow\_line)) - linie continuă galbenă (la timpul t1)
    5. (ag\_percept (percept\_pobj road\_mark2) (percept\_pname name) (percept\_pval fin\_cont\_yellow\_line)) - finalul liniei continue galbene (la timpii t2 și t3)

Benzile de circulație, precum și mașina din față (presupusă a fi mereu acolo) sunt detectate la fel ca și drumul, prin segmentarea cadrelor video furnizate de camere stereo. Marcajele despărțitoare dintre benzi sunt detectate în cadrul aceluiași mecanism amintit mai sus. [2] Semnele de circulație (restricție temporară de depășire și încetarea restricției temporare de depășire) sunt detectate și clasificate cu ajutorul unei [rețele convoluționale neuronale](#) pe baza formei și culorii semnelor. Imaginile necesare acestui proces sunt obținute tot prin intermediul unor camere video amplasate, cu precădere, în fața autoturismului. [3]

	Precision	Recall	F1 Score
Weighted avg (%)	99	99	99

Figura 6: Identificare și clasificare semne de circulație - metrice

### 3.2 Depășire pe partea dreaptă a unui vehicul care semnalizează stânga

Acest scenariu are următoarele percepții:

- Inițializări - "isa":
  1. (ag\_percept (percept\_pobj lane1) (percept\_pname isa) (percept\_pval lane)) - inițializează banda 1, pe același sens de mers cu banda 2; banda din dreapta

2. (ag\_percept (percept\_pobj lane2) (percept\_pname isa) (percept\_pval lane)) - inițializează banda 2, pe care se află mașina noastră
  3. (ag\_percept (percept\_pobj lane3) (percept\_pname isa) (percept\_pval lane)) - inițializează banda 3, sensul opus de mers
  4. (ag\_percept (percept\_pobj my\_car) (percept\_pname isa) (percept\_pval car)) - inițializare mașina noastră
  5. (ag\_percept (percept\_pobj another\_car) (percept\_pname isa) (percept\_pval car)) - inițializare mașina din fața noastră (la timpii t1 și t3); inițializează mașina din dreapta noastră (la timpul t2)
  6. (ag\_percept (percept\_pobj another\_car2) (percept\_pname isa) (percept\_pval car)) - inițializare mașina din fața noastră (la timpul t2)
  7. (ag\_percept (percept\_pobj signal1) (percept\_pname isa)(percept\_pval signal)) - semnalizarea mașinii din față
- Atribuiți - "partof":
    1. (ag\_percept (percept\_pobj lane1) (percept\_pname partof) (percept\_pval road1)) - atribuie banda 1 drumului
    2. (ag\_percept (percept\_pobj lane2) (percept\_pname partof) (percept\_pval road1)) - atribuie banda 2 drumului
    3. (ag\_percept (percept\_pobj lane3) (percept\_pname partof) (percept\_pval road1)) - atribuie banda 3 drumului
    4. (ag\_percept (percept\_pobj road\_sign1) (percept\_pname partof) (percept\_pval lane1)) - atribuie semnul de circulație temporar benzii 1
    5. (ag\_percept (percept\_pobj road\_mark1) (percept\_pname partof) (percept\_pval road1)) - atribuie linia de demaraj drumului
    6. (ag\_percept (percept\_pobj road\_mark2) (percept\_pname partof) (percept\_pval road1)) - atribuie linia de demaraj temporar drumului
    7. (ag\_percept (percept\_pobj my\_car) (percept\_pname partof) (percept\_pval line2)) - mașina noastră se află pe banda 2
    8. (ag\_percept (percept\_pobj another\_car) (percept\_pname partof) (percept\_pval line1)) - mașina din dreapta noastră - banda 1 (la timpul t2)
    9. (ag\_percept (percept\_pobj another\_car) (percept\_pname partof) (percept\_pval line1)) - mașina din fața noastră se află pe aceeași bandă cu noi - banda 2 (la timpii t1 și t3)
    10. (ag\_percept (percept\_pobj another\_car2) (percept\_pname partof) (percept\_pval line2)) - mașina din fața noastră se află pe aceeași bandă cu noi - banda 2 (la timpul t2)
    11. (ag\_percept (percept\_pobj signal1) (percept\_pname partof)(percept\_pval another\_car)) - semnalizarea mașinii din față (la timpul t2 face parte din another\_car2)
  - Denumiri - "name":
    1. (ag\_percept (percept\_pobj signal1) (percept\_pname name) (percept\_pval right\_turn\_signal)) - mașina din față semnalizează dreapta (la timpul t1)
    2. (ag\_percept (percept\_pobj signal1) (percept\_pname name) (percept\_pval left\_turn\_signal)) - mașina din față semnalizează stânga (la timpii t2 și t3)

Benzile și mașinile sunt detectate în același fel ca și drumul, prin segmentarea cadrelor video. [2] Semnalizarea este detectată prin analiza imaginilor provenite tot de la camerele video, cu ajutorul modelului AI DeepSignals. [4]

INPUT	ACCURACY	RECALL	F1	FP	FN
Detections	66.85%	62.96%	64.85%	7.42%	26.25%
Labels	<b>70.89%</b>	<b>72.11%</b>	<b>71.49%</b>	<b>5.63%</b>	<b>24.00%</b>

Figura 7: DeepSignals metrics

### 3.3 Coloană de vehicule în așteptare

Acest scenariu cuprinde următoarele percepții:

- Inițializări - "isa":
  1. (ag\_percept (percept\_pobj lane1) (percept\_pname isa) (percept\_pval lane)) - inițializează banda 1, pe care se află mașina noastră
  2. (ag\_percept (percept\_pobj lane2) (percept\_pname isa) (percept\_pval lane)) - inițializează banda 2, sensul opus de mers
  3. (ag\_percept (percept\_pobj congestion) (percept\_pname isa) (percept\_pval traffic)) - inițializare coloana de mașini
  4. (ag\_percept (percept\_pobj road\_mark1) (percept\_pname isa) (percept\_pval road\_mark)) - inițializare linie de demaraj
  5. (ag\_percept (percept\_pobj my\_car) (percept\_pname isa) (percept\_pval car)) - inițializare mașină
- Atribuiți - "partof":
  1. (ag\_percept (percept\_pobj lane1) (percept\_pname partof) (percept\_pval road1)) - atribuie banda 1 drumului
  2. (ag\_percept (percept\_pobj lane2) (percept\_pname partof) (percept\_pval road1)) - atribuie banda 2 drumului
  3. (ag\_percept (percept\_pobj congestion) (percept\_pname partof) (percept\_pval lane1)) - atribuie coloana de mașini benzii 1
  4. (ag\_percept (percept\_pobj road\_mark1) (percept\_pname partof) (percept\_pval road1)) - atribuie linia de demaraj drumului
  5. (ag\_percept (percept\_pobj my\_car) (percept\_pname partof) (percept\_pval line1)) - mașina noastră se află pe banda 1
- Denumiri - "name":
  1. (ag\_percept (percept\_pobj traffic) (percept\_pname name) (percept\_pval stationary)) - coloana de mașini staționară (la timpul t1)
  2. (ag\_percept (percept\_pobj traffic) (percept\_pname name) (percept\_pval moving)) - coloana de mașini în mișcare (la timpii t2 și t3)
  3. (ag\_percept (percept\_pobj road\_mark1) (percept\_pname name) (percept\_pval split\_white\_line)) - linie discontinuă (la timpii t1 și t2)

4. (ag\_percept (percept\_pobj road\_mark1) (percept\_pname name) (percept\_pval cont\_white\_line))  
- linie continuă (la timpul t3)

Benzile și liniile de demarcare sunt depistate, în același mod ca și drumul, prin algoritmul de segmentare. [2] Coloana de mașini, în sine, este determinată tot prin segmentare, iar starea acesteia (staționară sau în mișcare) este determinată prin [depth](#) (de la un cadrul la altul, distanța se modifică sau nu), cu ajutorul camerelor stereo sau mono. [5]

	Type	Abs Rel	Sq Rel	RMSE	$\log_{10}$
Karsch [24]	D	0.428	5.079	8.389	0.149
Liu [37]	D	0.475	6.562	10.05	0.165
Laina [31]	D	<b>0.204</b>	<b>1.840</b>	<b>5.683</b>	<b>0.084</b>
Monodepth [15]	S	0.544	10.94	11.760	0.193
Zhou [76]	M	0.383	5.321	10.470	0.478
DDVO [62]	M	0.387	4.720	8.090	0.204
<b>Monodepth2</b>	<b>M</b>	<b>0.322</b>	<b>3.589</b>	<b>7.417</b>	<b>0.163</b>
<b>Monodepth2</b>	<b>MS</b>	0.374	3.792	8.238	0.201

Figura 8: Monodepth metrics

### 3.4 Coloană oficială

Scenariul prezent conține următoarele percepții:

- Inițializări - "isa":
  1. (ag\_percept (percept\_pobj lane1) (percept\_pname isa) (percept\_pval lane)) - inițializează banda sensului nostru de drum
  2. (ag\_percept (percept\_pobj lane2) (percept\_pname isa) (percept\_pval lane)) - inițializează banda sensului opus al drumului
  3. (ag\_percept (percept\_pobj line\_of\_cars) (percept\_pname isa) (percept\_pval other\_Cars)) - inițializare coloana de mașini oficială
  4. (ag\_percept (percept\_pobj my\_car) (percept\_pname isa) (percept\_pval car)) - inițializare mașină
  5. (ag\_percept (percept\_pobj car1) (percept\_pname isa) (percept\_pval car)) - inițializare prima mașină
  6. (ag\_percept (percept\_pobj car2) (percept\_pname isa) (percept\_pval car)) - inițializare a doua mașină
  7. (ag\_percept (percept\_pobj police\_sound) (percept\_pname isa) (percept\_pval sound)) - inițializare sunete ale mașinilor de poliție
  8. (ag\_percept (percept\_pobj normal\_traffic\_sound) (percept\_pname isa) (percept\_pval sound)) - inițializare sunete de trafic normal
- Atribuirii - "partof":
  1. (ag\_percept (percept\_pobj lane1) (percept\_pname partof) (percept\_pval road1)) - atribue banda sensului nostru de drum

2. (ag\_percept (percept\_pobj lane2) (percept\_pname partof) (percept\_pval road1)) - atribuie banda sensului opus al drumului
3. (ag\_percept (percept\_pobj line\_of\_cars) (percept\_pname partof) (percept\_pval lane1)) - atribuie coloana de mașini oficială benzii 1
4. (ag\_percept (percept\_pobj my\_car) (percept\_pname partof) (percept\_pval line1)) - mașina noastră se află pe banda 1
5. (ag\_percept (percept\_pobj front\_line\_of\_cars) (percept\_pname partof) (percept\_pval line\_of\_cars)) - începutul coloanei de mașini
6. (ag\_percept (percept\_pobj back\_line\_of\_cars) (percept\_pname partof) (percept\_pval line\_of\_cars)) - sfârșitul coloanei de mașini
7. (ag\_percept (percept\_pobj car1) (percept\_pname partof) (percept\_pval front\_line\_of\_cars)) - mașina din fața coloanei de mașini
8. (ag\_percept (percept\_pobj car2) (percept\_pname partof) (percept\_pval back\_line\_of\_cars)) - mașina din spatele coloanei de mașini
9. (ag\_percept (percept\_pobj police\_sound) (percept\_pname partof) (percept\_pval car1)) - sunete de poliție de la mașina 1 (la timpul t2)
10. (ag\_percept (percept\_pobj police\_sound) (percept\_pname partof) (percept\_pval car2)) - sunete de poliție de la mașina 2 (la timpul t2)
11. (ag\_percept (percept\_pobj normal\_traffic\_sound) (percept\_pname partof) (percept\_pval car1)) - sunete de poliție de la mașina 1 (la timpul t1)
12. (ag\_percept (percept\_pobj normal\_traffic\_sound) (percept\_pname partof) (percept\_pval car2)) - sunete de poliție de la mașina 2 (la timpul t1)

Benzile, mașinile și coloana de mașini sunt determinate ca la punctul anterior, prin segmentare. [2] Problema intervine cu detecția mașinilor de poliție. Determinarea că sunt 2, precum și faptul că se află la distanțe diferite, cu mașini între se face prin calcularea depth-ului cu ajutorul secvențelor video produse de camere [5] și prin [identificarea sunetelor de poliție](#) înregistrate printr-un microfon pus pe mașină [6] [7].

Table 4.

Table 4: Comparative Analysis of Different Models

Model	Accuracy	Inference Time (s)
FCNet	96.4	0.061
CNN_Net	92.4	0.151
RNN_Net	94.5	0.061
Ensemble	98.7	1.5

Figura 9: Detecție acustică - metrice

### 3.5 Triplare

Penultimul scenariu analizat conține următoarele percepții:

- Inițializări - "isa":

1. (ag\_percept (percept\_pobj lane1) (percept\_pname isa) (percept\_pval lane)) - inițializează banda 1, sensul nostru de mers
  2. (ag\_percept (percept\_pobj lane2) (percept\_pname isa) (percept\_pval lane)) - inițializează banda 2, sensul opus de mers
  3. (ag\_percept (percept\_pobj my\_car) (percept\_pname isa) (percept\_pval car)) - inițializare mașina noastră
  4. (ag\_percept (percept\_pobj car1) (percept\_pname isa) (percept\_pval car)) - inițializare mașina din spatele nostru
  5. (ag\_percept (percept\_pobj signal1) (percept\_pname isa) (percept\_pval signal)) - inițializare semnalizare pentru mașina din spate (la timpul t2)
  6. (ag\_percept (percept\_pobj behaind) (percept\_pname isa)(percept\_pval position)) - inițializare poziția celeilalte mașini
- Atribuiți - "partof":
    1. (ag\_percept (percept\_pobj lane1) (percept\_pname partof) (percept\_pval road1)) - atribuire banda 1 drumului
    2. (ag\_percept (percept\_pobj lane2) (percept\_pname partof) (percept\_pval road1)) - atribuire banda 2 drumului
    3. (ag\_percept (percept\_pobj signal1) (percept\_pname partof) (percept\_pval car1)) - atribuire semnalizare mașinii din spate
    4. (ag\_percept (percept\_pobj my\_car) (percept\_pname partof) (percept\_pval line1)) - mașina noastră se află pe banda 1
    5. (ag\_percept (percept\_pobj car1) (percept\_pname partof) (percept\_pval line1)) - mașina din spate e pe aceeași bandă ca și noi
  - Denumiri și poziții - "name" și "position":
    1. (ag\_percept (percept\_pobj signal1) (percept\_pname name) (percept\_pval left\_turn\_signal)) - mașina din spate semnalizează stânga (la timpul t1)
    2. (ag\_percept (percept\_pobj signal1) (percept\_pname name) (percept\_pval no\_signal)) - mașina din spate nu semnalizează (la timpul t2)
    3. (ag\_percept (percept\_pobj car1) (percept\_pname position) (percept\_pval behind)) - marcarea mașină din spate

Benzile și mașinile sunt detectate prin segmentare, pe baza imaginilor provenite de la camerele amplasate în față și pe spatele autoturismului. [2] Semnalizarea este identificată la fel ca și în cazul manevrei de depășire prin partea dreaptă a unui autovehicul care semnalizează stânga. [4]

### 3.6 Depășire înainte de o curbă

Ultimul scenariu are următoarele percepții:

- Inițializări - "isa":
  1. (ag\_percept (percept\_pobj lane1) (percept\_pname isa) (percept\_pval lane)) - inițializează banda 1, pe care se află mașina noastră

2. (ag\_percept (percept\_pobj lane2) (percept\_pname isa) (percept\_pval lane)) - inițializează banda 2, sensul opus de mers
  3. (ag\_percept (percept\_pobj road\_sign1) (percept\_pname isa) (percept\_pval road\_sign)) - inițializare semn de circulație
  4. (ag\_percept (percept\_pobj my\_car) (percept\_pname isa) (percept\_pval car)) - inițializare mașină
  5. (ag\_percept (percept\_pobj another\_car) (percept\_pname isa) (percept\_pval car)) - inițializare mașina din fața noastră
- Atribuiți - "partof":
    1. (ag\_percept (percept\_pobj lane1) (percept\_pname partof) (percept\_pval road1)) - atribuie banda 1 drumului
    2. (ag\_percept (percept\_pobj lane2) (percept\_pname partof) (percept\_pval road1)) - atribuie banda 2 drumului
    3. (ag\_percept (percept\_pobj road\_sign1) (percept\_pname partof) (percept\_pval lane1)) - atribuie semnul de circulație benzii 1
    4. (ag\_percept (percept\_pobj my\_car) (percept\_pname partof) (percept\_pval line1)) - mașina noastră se află pe banda 1
    5. (ag\_percept (percept\_pobj another\_car) (percept\_pname partof) (percept\_pval line1)) - mașina din față se află pe banda 1
    6. (ag\_percept (percept\_pobj speed\_my\_car) (percept\_pname partof) (percept\_pval my\_car)) - atribuire viteză mașinii noastre
    7. (ag\_percept (percept\_pobj speed\_another\_car) (percept\_pname partof) (percept\_pval another\_car)) - atribuire viteză mașinii din față
  - Denumiri - "name":
    1. (ag\_percept (percept\_pobj road\_sign1) (percept\_pname name) (percept\_pval curve\_sign)) - semnul de circulație semnalizează o curbă
  - Distanțe și Viteze - "distance" și "speed":
    1. (ag\_percept (percept\_pobj distance\_between\_my\_car\_rs1) (percept\_pname distance) (percept\_pval 100)) - distanța de la mașina din față la semnul de circulație; 100 m - la timpul t1 și 25 m - la timpul t2
    2. (ag\_percept (percept\_pobj distance\_between\_my\_car\_another\_car) (percept\_pname distance) (percept\_pval 10)) - distanța dintre mașini - 10 m
    3. (ag\_percept (percept\_pobj speed\_my\_car) (percept\_pname speed) (percept\_pval 70)) - viteza mașinii noastre 70 m/h
    4. (ag\_percept (percept\_pobj speed\_another\_car) (percept\_pname speed) (percept\_pval 50)) - viteza mașinii celeilalte 50 m/h

Benzile și mașinile sunt detectate, ca până acum, prin segmentare. [2] Semnul de circulație este detectat ca în subparagraful 3.1. [3] Distanțele sunt furnizate prin calcularea depth-ului (Monodepth) din cadre succesive, provenite de la camere, iar viteza este estimată prin formula  $v = d/t$ , unde d - distanța se obține prin algoritmul de depth și t - timpul dintre 2 cadre succesive. [5]

## 4 Descrierea câte unui cadru din fiecare scenariu

### 4.1 Zonă de construcții cu restricții de depășire

În cadrul scenariului ce implică o zonă de construcții cu restricții de depășire, ne confruntăm cu un context rutier specific. Evenimentul în desfășurare (*ev1*) este localizat pe un drum (*road1*), structurat în două benzi de circulație (*lane1* și *lane2*). Prezența semnului de circulație (*road\_sign1*) este crucială, acesta indicând interzicerea temporară a depășirilor (*temp\_prohibited\_overtaking*). Drumul este marcat cu două tipuri de linii: una discontinuă albă (*split\_white\_line*) și una continuă galbenă (*cont\_yellow\_line*), vehiculul nostru (*my\_car*) aflându-se pe prima bandă (*lane1*).

Această configurație subliniază importanța semnelor de circulație temporare și a marcajelor rutiere în zonele de construcții. Conform regulamentului rutier, semnul de interzicere a depășirii și linia continuă galbenă au prioritate în fața marcajelor obișnuite. Prin urmare, orice manevră de depășire este invalidată în această zonă, chiar dacă există linie discontinuă albă.

Decizia: Automobilul nostru nu va efectua manevra de depășire.

### 4.2 Depășire pe partea dreaptă a unui vehicul care semnalizează stânga

Acest scenariu ilustrează o situație complexă în trafic. În cadrul evenimentului (*ev2*), pe un drum împărțit în trei benzi (*lane1*, *lane2*, *lane3*), vehiculul nostru (*my\_car*) se află pe banda a doua (*lane2*). Alături de noi, pe aceeași bandă, se găsește un alt vehicul (*another\_car2*) care semnalizează intenția de a vira la stânga (*left\_turn\_signal*). Pe prima bandă (*lane1*), un alt automobil (*another\_car*) ocupă poziția adiacentă. În ciuda semnalizării efectuate de *another\_car2*, manevra de depășire a vehiculului nostru este restricționată de prezența automobilului de pe banda adiacentă (*another\_car*). Conform regulamentului rutier, depășirea pe dreapta este permisă doar atunci când vehiculul din față semnalizează și se încadrează pentru a vira la stânga, cu condiția ca banda adiacentă să fie liberă. În acest caz, prezența automobilului pe banda adiacentă (*lane1*) împiedică depășirea legală și în siguranță a vehiculului nostru.

Decizia: Automobilul nostru nu va efectua manevra de depășire.

### 4.3 Coloană de vehicule în așteptare

Scenariul "Coloană de vehicule în așteptare" ilustrează o situație comună în traficul urban. În cadrul evenimentului (*ev3*), pe un drum (*road1*) cu două benzi de circulație (*lane1* și *lane2*), vehiculul nostru (*my\_car*) se află pe prima bandă (*lane1*). Această bandă este ocupată și de o coloană de vehicule (*congestion*) care sunt în așteptare (*stationary*). Pe drum este prezent și un marcaj rutier specific (*road\_mark1*), o linie discontinuă albă (*split\_white\_line*), care indică posibilitatea schimbării benzilor de circulație. Cu toate acestea, prezența traficului stagnant pe banda noastră, adică a coloanei de vehicule în așteptare, impune restricții de manevră. Conform legislației rutiere, depășirea unei coloane de mașini în așteptare este de regulă interzisă.

Prin urmare, în acest scenariu, vehiculul nostru trebuie să aștepte până când condițiile de trafic permit reluarea deplasării în siguranță, fără a efectua manevre de depășire care ar putea contraveni regulilor de circulație sau ar putea pune în pericol siguranța altor participanți la trafic.

Decizia: Automobilul nostru nu va efectua manevra de depășire.



## 4.4 Coloană oficială

Acest scenariu reflectă o situație specifică în trafic, în care vehiculul nostru (*my\_car*) este implicat într-un eveniment (*ev4*) pe un drum (*road1*) cu două benzi de circulație (*lane1* și *lane2*). În acest scenariu, ne concentrăm pe o coloană de vehicule (*line\_of\_cars*) situată pe aceeași bandă cu mașina noastră (*lane1*). Coloana este compusă din diverse autovehicule, inclusiv mașini oficiale (*car1*, *car2*), care sunt identificate prin sunete specifice de poliție (*police\_sound*), distingându-se de sunetele traficului obișnuit (*normal\_traffic\_sound*). În acest context, coloana oficială este încadrată între două vehicule de poliție, situându-se unul în fruntea coloanei (*front\_line\_of\_cars*) și celălalt în partea din spate (*back\_line\_of\_cars*). Prezența acestor autovehicule de poliție este un indicator clar al unei coloane oficiale, ceea ce impune restricții suplimentare în ceea ce privește manevrele de depășire.

Conform legislației rutiere, este interzisă depășirea unei coloane oficiale. Astfel, în acest scenariu, vehiculul nostru (*my\_car*) este obligat să urmeze coloana fără a încerca manevre de depășire.

Decizia: Automobilul nostru nu va efectua manevra de depășire.

## 4.5 Triplare

Scenariul "Triplare" ilustrează o situație complexă de trafic pe un drum cu două benzi (*road1*), unde suntem implicați într-un eveniment (*ev5*). Vehiculul nostru (*my\_car*) se află pe prima bandă (*lane1*), pregătindu-se să depășească un alt autovehicul situat în fața noastră. În același timp, un al treilea vehicul (*car1*), localizat imediat în spatele nostru pe aceeași bandă, semnalizează intenția de a ne depăși. Această configurare creează o dinamică complexă de "triplare", unde vehiculul din spate (*car1*) intenționează să ne depășească în timp ce noi ne pregătim să efectuăm o manevră similară față de mașina din fața noastră. Situația necesită o evaluare atentă și o decizie prudentă. Conform regulilor de circulație, este important să permitem vehiculului din spate să finalizeze manevra de depășire înainte de a iniția propria noastră depășire.

Decizia: Automobilul nostru nu va efectua manevra de depășire.

## 4.6 Depășire înainte de o curbă

Acest scenariu ne plasează pe un drum (*road1*) cu două benzi de circulație (*lane1* și *lane2*), unde vehiculul nostru (*my\_car*) se pregătește să depășească un alt autovehicul (*another\_car*) pe prima bandă (*lane1*). Un element cheie în acest scenariu este prezența unui semn de circulație (*road\_sign1*) care indică o curbă (*curve\_sign*), situat la o distanță de 100 de metri de vehiculul nostru.

Pentru a evalua posibilitatea unei depășiri sigure, folosim formula  $d = \frac{h}{V_1 - V_2} \times V_1$ , unde  $h$  este distanța dintre vehicule (10 metri),  $V_1$  este viteza vehiculului nostru (70 km/h), iar  $V_2$  este viteza vehiculului pe care dorim să-l depășim (50 km/h). Calculând, obținem o distanță necesară pentru depășire de  $d = \frac{10}{70-50} \times 70 = 35$  metri. Aceasta este distanța minimă necesară pentru a finaliza în siguranță manevra de depășire înainte de a ajunge la curbă.

Decizia: Automobilul nostru va efectua manevra de depășire.

## 5 Descriere cod și Validare Output

Inițial, programul este setat să nu permită depășirea. Regulile se activează atunci când depășirea devine permisă.

### 5.1 Zonă de construcții cu restricții de depășire

*Explicație Regulă:* Regula {AGENT::zona\_constructii} este aplicată pentru evaluarea posibilității depășirii într-o zonă de construcții. Regula verifică prezența unei linii albe discontinue și absența atât a unei linii continue galbene, cât și a unui semn temporar de interdicere a depășirii. Dacă aceste condiții sunt îndeplinite, regula retractează presupunerea inițială și permite depășirea.

*Explicație Rezultat:* La timpul  $t = 1$  și  $t = 2$ , agentul identifică condițiile care interzic depășirea - prezența unui semn de circulație care indică interzicerea depășirii și a unei linii continue galbene. Acest lucru menține starea inițială de "overtaking-maneuver prohibited". La timpul  $t = 3$ , percepțiile agentului se schimbă: semnul de circulație temporar este de "încetare a restricției de depășire" și linia continuă galbenă este înlocuită (sau se termină). Acest lucru determină regula să concluzioneze că restricțiile pentru depășire au fost eliminate, schimbând starea în "overtaking-maneuver allowed".

### 5.2 Depășire pe partea dreaptă a unui vehicul care semnalizează stânga

*Explicație Regulă:* Regula {AGENT::depasire\_pe\_partea\_dreapta} evaluează posibilitatea depășirii unui vehicul care semnalizează stânga. Această regulă verifică dacă vehiculul din față semnalizează că intenționează să vireze la stânga și dacă există suficient spațiu pe banda din dreapta autovehiculului, pentru a efectua manevra de depășire. Dacă aceste condiții sunt îndeplinite, regula retractează interdicția inițială și permite depășirea pe partea dreaptă.

*Explicație Rezultat:* Conform percepțiilor agentului, la  $t = 1$  și  $t = 2$ , depășirea nu este permisă datorită semnalizării mașinii din față sau existența unei mașini de pe banda din dreapta. Însă, la  $t = 3$ , situația se schimbă, iar regula identifică condițiile favorabile pentru depășirea pe dreapta.

### 5.3 Coloană de vehicule în așteptare

*Explicație Regulă:* Regula {AGENT::depasire\_vehicule\_asteptare} evaluează posibilitatea depășirii unei coloane de vehicule aflate în mișcare. Regula verifică dacă coloana de vehicule (*congestion*) este în mișcare și dacă mașina noastră (*my\_car*) se află pe aceeași bandă cu coloana. În plus, se verifică prezența unei linii albe discontinue pe drum. Dacă coloana de vehicule este în mișcare și condițiile de trafic permit, regula retractează interdicția inițială și permite depășirea.

*Explicație Rezultat:* La timpul  $t = 1$ , depășirea este interzisă deoarece coloana de vehicule este considerată staționară. La timpul  $t = 2$ , condițiile se schimbă: coloana de vehicule este în mișcare și există o linie discontinuă albă, ceea ce permite depășirea conform regulii. Prin urmare, regula decide că depășirea este permisă, schimbând starea în "overtaking-maneuver allowed" și afișând mesajul "Se poate depasi coloana in miscare". La timpul  $t = 3$ , situația se schimbă din nou, iar depășirea devine interzisă, din cauza apariției unei linii continue albe care interzice depășirea.

## 5.4 Coloană oficială

*Explicație Regulă:* Regula {AGENT::depasire\_coloana\_oficiala} evaluează posibilitatea depășirii unei coloane oficiale de vehicule. Regula verifică prezența unei coloane de vehicule (line\_of\_cars) și existența unor vehicule specifice (car1 și car2) la începutul și sfârșitul coloanei. Cheia acestei reguli este identificarea sunetelor de poliție asociate cu aceste vehicule. Dacă sunetele de poliție nu sunt detectate, se presupune că nu este vorba despre o coloană oficială și se permite depășirea.

*Explicație Rezultat:* La timpul  $t = 1$ , regula detectează absența sunetelor de poliție de la vehiculele de la capetele coloanei, concluzionând că nu este o coloană oficială și, prin urmare, permite depășirea. Acest lucru este indicat prin mesajul "Depasire permisa, nu e coloana oficiala!" și schimbarea stării în "overtaking-maneuver allowed". La timpul  $t = 2$ , situația se schimbă și depășirea devine interzisă, datorită detectării sunetelor de poliție.

## 5.5 Triplare

*Explicație Regulă:* Regula {AGENT::triplare} este concepută pentru a evalua posibilitatea efectuării unei manevre de depășire în situația unei triplări. Aceasta analizează dacă mașina din spatele nostru (car1) nu semnalizează intenția de a depași și dacă se află pe aceeași bandă cu noi. Dacă aceste condiții sunt îndeplinite, regula retractează interdicția inițială de depășire și permite efectuarea manevrei.

*Explicație Rezultat:* La timpul  $t = 1$ , depășirea este considerată interzisă, deoarece mașina din spatele nostru semnalizează intenția de a vira la stânga. La timpul  $t = 2$ , mașina din spatele nostru nu mai semnalizează această intenție, ceea ce permite depășirea.

## 5.6 Depășire înainte de o curbă

*Explicație Regulă:* Regula {AGENT::depasire\_inainte\_de\_curba} evaluează posibilitatea depășirii înainte de o curbă, luând în considerare vitezele vehiculelor implicate și distanța până la curbă. Regula verifică faptul că distanța necesară pentru depășire este mai mică decât distanța de la vehiculul nostru (my\_car) până la curbă. Dacă această condiție este îndeplinită, depășirea este permisă.

*Explicație Rezultat:* Inițial, depășirea este interzisă. Conform rezultatului, la timpul  $t = 1$ , se calculează că distanța necesară pentru depășire (35m) este suficientă pentru a efectua manevra în siguranță înainte de a ajunge la curbă, permițând depășirea. La timpul  $t = 2$ , condițiile se schimbă, iar depășirea devine interzisă, deoarece distanța necesară pentru depășire este 35m iar distanța până la curbă este de 25m.

# 6 Teste de performanță

Mai jos vom prezenta valorile testelor de performanță pentru fiecare scenariu, la fiecare cadru al acestora.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Scenariul 1	1	2	3	4	5	Media (seconds)	Sigma (seconds)
2	t1	0.01058197	0.001754999	0.001998186	0.002895117	0.000998974	<b>0.003645849</b>	<b>0.003520495</b>
3	t2	0.001087904	0.001099825	0.002002001	0.000741959	0.001533985	<b>0.001293135</b>	<b>0.000434461</b>
4	t3	0.001013041	0.003273964	0.002987146	0.002993822	0.002001047	<b>0.002453804</b>	<b>0.000840181</b>
5								
6	Scenariul 2	1	2	3	4	5	Media (seconds)	Sigma (seconds)
7	t1	0.002547979	0.000758171	0	0.001985073	0.004987955	<b>0.0020565836</b>	<b>0.001717843</b>
8	t2	0.000983	0.000996828	0.000986099	0.006582022	0.002771854	<b>0.002463961</b>	<b>0.002171775</b>
9	t3	0.001997948	0.00089407	0.001993179	0.003782988	0.004011154	<b>0.002535868</b>	<b>0.001184158</b>
10								
11	Scenariul 3	1	2	3	4	5	Media (seconds)	Sigma (seconds)
12	t1	0.001012087	0.00353694	0.000889063	0.000980139	0.001996994	<b>0.001683044</b>	<b>0.001010956</b>
13	t2	0.000980854	0.009582996	0.001130819	0.002016068	0.002996922	<b>0.003341532</b>	<b>0.003202859</b>
14	t3	0.000981092	0.001003027	0.00091815	0.001005888	0.002404928	<b>0.001262617</b>	<b>0.000572029</b>
15								
16	Scenariul 4	1	2	3	4	5	Media (seconds)	Sigma (seconds)
17	t1	0.001205921	0.002023935	0.001995087	0.006014824	0.000994921	<b>0.002446938</b>	<b>0.001830923</b>
18	t2	0.002006054	0.002023935	0	0.003005981	0.000993967	<b>0.001605988</b>	<b>0.001024547</b>
19								
20	Scenariul 5	1	2	3	4	5	Media (seconds)	Sigma (seconds)
21	t1	0	0.000999928	0	0	0	<b>0.000199986</b>	<b>0.000399971</b>
22	t2	0.00100112	0.000998974	0.000999928	0.000999928	0.000997066	<b>0.000999403</b>	<b>1.3524E-06</b>
23								
24	Scenariul 6	1	2	3	4	5	Media (seconds)	Sigma (seconds)
25	t1	0.000999928	0	0.00099802	0.001003027	0.000995874	<b>0.00079937</b>	<b>0.000399692</b>
26	t2	0	0.001000166	0.000999928	0.000999928	0.000999928	<b>0.00079999</b>	<b>0.000399995</b>

Figura 10: Măsurători de performanță

Aceste valori au fost obținute prin rularea testelor pe următorul hardware:

Sistem de operare	Windows 11 Home, x64-based PC
Procesor	13th Gen Intel(R) Core(TM) i9-13900H, 2600 Mhz, 14 Core(s), 20 Logical Processor(s)
RAM	16.0 GB
Hardware Abstraction Layer Version	"10.0.22621.2506"

Tabela 1: Hardware Information

## 7 Concluzie - Limitele sistemului și posibilități de îmbunătățire

Proiectul actual demonstrează capacitatea unui sistem expert de a analiza și lua decizii în scenarii variate de circulație, bazându-se pe seturi de percepții simulate și reguli "if-then". Fiecare scenariu reflectă o situație specifică din trafic, demonstrând eficacitatea sistemului în interpretarea și conformarea la regulile de circulație. Aceasta oferă o perspectivă valoroasă pentru aplicațiile în domeniul vehiculelor autonome. În ciuda succesului în simularea acestor scenarii, sistemul prezintă totuși spațiu pentru îmbunătățiri. Una dintre direcțiile principale ar fi extinderea setului de percepții și cadre. Prin includerea unei game mai largi de percepții, sistemul ar putea evalua situații de trafic și mai complexe și ar putea lua decizii mai nuanțate. De exemplu, adăugarea percepțiilor legate de condițiile meteorologice, starea drumului sau comportamentul neobișnuit al altor participanți la trafic ar putea oferi o imagine mai completă a mediului rutier.

Pe lângă adăugarea de noi percepții, o altă îmbunătățire semnificativă ar fi extinderea și rafinarea regulilor existente pentru a interpreta și reacționa corespunzător la aceste noi date. Acest lucru ar implica nu doar adăugarea de noi reguli, ci și ajustarea celor existente pentru a integra și echilibra mai eficient informațiile suplimentare. În concluzie, proiectul actual reprezintă un pas important în înțelegerea și dezvoltarea algoritmilor de decizie pentru vehiculele autonome. Prin extinderea percepțiilor și adaptarea continuă a regulilor, sistemul ar putea deveni mai robust și mai capabil să gestioneze complexitatea mediului rutier real. Aceste îmbunătățiri ar contribui semnificativ la evoluția și eficacitatea vehiculelor autonome în viitor.

## **8 Mențiuni - Cine ce a făcut**

Aldea Ovidiu Alexandru s-a ocupat de Scenariile de test și Regulile de la cazurile 1, 3, 4.  
Aurică Alina s-a ocupat de Scenariile de test și Regulile de la cazurile 2, 5, 6.

## Bibliografie

- [1] M. Stănculescu, *Noul cod rutier pe înțelesul tuturor*. 2023.
- [2] T. D. Jonathan Long, Evan Shelhamer, *Fully Convolutional Networks for Semantic Segmentation*. 2015.
- [3] M. K. Nesrine Triki, Mohamed Karray, *A Real-Time Traffic Sign Recognition Method Using a New Attention-Based Deep Convolutional Neural Network for Smart Vehicles*. 2013.
- [4] R. U. Davi Frossard, Eric Kee, *DeepSignals: Predicting Intent of Drivers Through Visual Signals*. 2019.
- [5] M. F. G. B. Clement Godard, Oisín Mac Aodha, *Digging Into Self-Supervised Monocular Depth Estimation*. 2019.
- [6] P. C. Usha Mittal, *Acoustic Based Emergency Vehicle Detection Using Ensemble of deep Learning Models*. 2023.
- [7] S. Roy, *Emergency Vehicle Detection on Heavy Traffic Road from CCTV Footage Using Deep Convolutional Neural Network*. 2019.