

Documentație Sistem Expert

Validarea Manevrei de Schimbare a Benzii

Tosa Dumitru Cezar

Pacurar Irina

30644

17 ianuarie 2026

Cuprins

1	Introducere	2
2	Scenarii de test	2
2.1	Scenariul 1: Zona Urbană	2
2.2	Scenariul 2: Zona Urbană	2
2.3	Scenariul 3: Zona Urbană	2
2.4	Scenariul 4: Infrastructură și Lucrări	3
2.5	Scenariul 5: Situații Speciale și Coloane	3
2.6	Scenariul 6: Autostradă (Highway)	3
3	Listă de senzori	3
4	Detalii tehnice	4
5	Sintaxa percepțiilor	4
5.1	Detectarea vehiculului	4
5.2	Detectarea elementelor de drum	5
5.3	Atribute și Categorie de Drum (Specific Proiect)	5
6	Măsurarea performanței	5
6.1	Metodologie	5
6.2	Rezultate Obținute	5
7	Contribuții personale	6

1 Introducere

Aplicația documentată are drept scop validarea manevrei de **schimbare a benzii** (Lane Change). Sistemul este proiectat pentru un vehicul autonom echipat cu senzori capabili să percepă mediul înconjurător și să decidă, pe baza unui set de reguli implementate în limbajul CLIPS, dacă manevra este permisă sau interzisă într-un anumit moment de timp.

Spre deosebire de sistemele clasice, acest agent ține cont de contextul drumului (*road_category*), aplicând reguli diferite pentru oraș, drum național sau autostradă.

2 Scenarii de test

Scenariile de test sunt descrise în fișierele corespunzătoare din folderul `percepts`. Au fost proiectate 6 scenarii distințe, fiecare rulând pe parcursul a 35 de cadre (timp simulat), acoperind situații de la trafic urban dens până la viteze de autostradă.

2.1 Scenariul 1: Zona Urbană

Vehiculul circulă într-o zonă urbană și se apropiie de un sens giratoriu, intrând ulterior în acesta. În zona de preselecție și pe durata parcurgerii sensului giratoriu, manevra de schimbare a benzii este interzisă. După ieșirea din sensul giratoriu, semnalizarea fiind pornită, manevra de schimbare a benzii devine permisă. În cele ce urmează, pe banda pe care vehiculul intenționează să se mute, se află un biciclist, poziționat în fața vehiculului, situație care restricționează temporar manevra. După ce vehiculul înaintează și trece pe lângă biciclist, acesta rămâne în spatele vehiculului, iar distanța față de acesta devine suficient de mare pentru a permite efectuarea în siguranță a manevrei de schimbare a benzii. În continuarea traseului, vehiculul se apropii de o trecere la nivel cu calea ferată, situație în care manevra este din nou interzisă.

2.2 Scenariul 2: Zona Urbană

Vehiculul circulă într-o zonă urbană, unde întâlnește inițial o intersecție. După ce traversează intersecția, având marcaj longitudinal discontinuu și semnalizarea activată, manevra de schimbare a benzii poate fi efectuată. Pe parcursul deplasării, din spate apare o mașină de poliție aflată în misiune, situație care influențează comportamentul vehiculului și restricționează temporar manevra de schimbare a benzii. În continuarea traseului, în fața vehiculului apare un tramvai oprit într-o stație fără refugiu, situație în care manevra de schimbare a benzii este interzisă. Ulterior, vehiculul ajunge într-o zonă cu lucrări pe carosabil, semnalizate corespunzător, care conduc la îngustarea benzii și limitează posibilitatea efectuării manevrei.

2.3 Scenariul 3: Zona Urbană

Mașina se deplasează în regim urban, unde întâlnește o alternanță de linii continue și discontinue. Inițial drumul este liber, însă manevra de schimbare a benzii este întreruptă de apariția temporară a marcajului continuu. Apoi, senzorii detectează o mașină care se apropii din spate, urmată de întâlnirea unei treceri de pietoni. Spre final, după ce

zona pietonală este depășită, un vehicul din spate reduce brusc distanța, împiedicând executarea manevrei în siguranță.

2.4 Scenariul 4: Infrastructură și Lucrări

Vehiculul se deplasează pe un drum național (exterior), inițial liber. Tentativa de schimbare a benzii este întreruptă succesiv de apropierea unui vehicul din spate și de traversarea unei treceri la nivel cu calea ferată. Ulterior, vehiculul traversează o intersecție unde marcajele și traficul impun restricții, urmată de o zonă de curbă periculoasă semnalizată cu linie continuă. Scenariul se încheie cu o alternanță rapidă a stării de siguranță cauzată de comportamentul agresiv al unui vehicul din spate.

2.5 Scenariul 5: Situații Speciale și Coloane

Vehiculul se deplasează pe un drum național în afara localității. Intenția de a schimba banda este inițial blocată de intrarea într-o zonă de lucrări semnalizată corespunzător și marcată cu linie continuă. Imediat după ieșirea din zona de sănătate, senzorii detectează o suprafață de rulare puternic denivelată, improprii manevrelor laterale de viteză. Traseul continuă cu o urcare în rampă, unde manevra este interzisă din cauza vizibilității reduse la vârful pantei. În final, deși geometria drumului permite, depășirea este restricționată de prezența unei coloane oficiale în trafic.

2.6 Scenariul 6: Autostradă (Highway)

Vehiculul se deplasează în regim de autostradă la viteză ridicată. Inițial, manevra de schimbare a benzii este imposibilă din cauza unui vehicul care se apropie rapid din spate. Imediat după eliberarea benzii, senzorii detectează un vehicul prioritar (ambulanță) în apropiere. Următoarea tentativă de manevră este blocată de identificarea unui obstacol staționar pe direcția de mers. Spre final, condițiile de mediu se deteriorează: vizibilitatea scade brusc din cauza unui banc de ceată, urmată de detectarea unei porțiuni de carosabil alunecos (polei), sistemul menținând interdicția pentru a preveni derapajul.

3 Listă de senzori

Sistemul simulat se bazează pe următorul set de senzori virtuali:

Senzor	Scop	Timp Răspuns
Rangefinder Laser / LiDAR	Determinare distanță față/spate/lateral	< 5ms
Senzori ultrasonici laterali	Lane assist și monitorizare unghi mort	< 1ms
Cameră stereoviziune	Detectare marcaje, semne și tip drum	10-30ms
GPS / Hărți HD	Determinare categorie drum (City/Highway)	5-150ms
Giroscop	Determinare înclinație și calitatea carosabilului	< 1ms

Tabela 1: Lista senzorilor utilizati pentru perceptie

4 Detalii tehnice

- La fiecare 500ms se extrage un cadru de la senzori.
- Dacă **RangeFinder Laser** detectează **max distance** atunci se presupune că nu se află nimic în apropiere.
- Pentru orice perceptie, orice valoare pentru câmpul *p.obj* este posibilă.
- **Presupunerea de bază:** Manevra de schimbare a benzii este considerată *permisă implicit (allowed)*. Dacă nicio regulă de interdicție nu este activată (pe baza vitezei, distanței sau infrastructurii), agentul validează manevra.
- Distanțele de siguranță sunt dinamice:
 - **Oraș:** minim 5 metri.
 - **Exterior:** minim 15 metri.
 - **Autostradă:** minim 35 metri.

5 Sintaxa perceptiilor

Perceptiile sunt structurate folosind template-ul `ag_percept` și transformate intern în `ag_bel` (beliefs).

5.1 Detectarea vehiculului

Atribut	Valori Posibile
<code>isa</code>	<code>vehicle</code>
<code>type</code>	<code>car, tram, bicycle, emergency, column</code>
<code>rel_pos</code>	<code>front, back, left, left_back, left_front</code>
<code>rel_dist</code>	Valoare numerică (cm)
<code>velocity</code>	Valoare numerică (km/h) - critică pentru regulile de autostradă
<code>blink</code>	<code>left, right, none</code>

5.2 Detectarea elementelor de drum

Atribut	Valori Posibile
isa	road_elem
type	crosswalk, tram_station_without_shelter, road_works, roundabout, railway_level_crossing
rel_dist	Valoare numerică (cm) - folosită pentru anticipare (ex: < 50m)

5.3 Atribute și Categorie de Drum (Specific Proiect)

Acest modul este esențial pentru logica contextuală a agentului.

Atribut	Valori Posibile
isa	road_attribute
road_category	city, exterior, highway (Dictează regulile de distanță)
has_type	continuous_strip, discontinuous_strip, bumpy, ice, slippery

6 Măsurarea performanței

Performanța agentului a fost evaluată prin măsurarea timpului de decizie (*decision time*) per cadru de simulare. Pentru a asigura acuratețea datelor și a elimina variațiile cauzate de încărcarea sistemului de operare, am adoptat următoarea metodologie de testare automatizată:

6.1 Metodologie

- Fiecare dintre cele 6 scenarii a fost rulat de câte 5 ori consecutiv (K_MAX=5).
- S-a utilizat un script BASH pentru execuția în buclă și un script Python pentru agregarea datelor.
- Timpul de inferență a fost capturat pentru fiecare tic (cadru) al simulării (35 cadre/scenariu).
- Datele brute și calculele statistice au fost centralizate în fișierul `rezultate_finale.csv`.

6.2 Rezultate Obținute

În tabelul de mai jos sunt prezentate media timpilor de execuție și deviația standard pentru fiecare scenariu. Timpii sunt exprimați în secunde. Se observă că timpul de decizie este extrem de mic (ordinul zecilor de microsecunde), ceea ce indică faptul că sistemul expert este foarte eficient și poate rula în timp real fără probleme.

Scenariu	Timp Mediu (s)	Deviație Standard (s)
Scenariul 1	1.34×10^{-5}	3.14×10^{-6}
Scenariul 2	1.87×10^{-5}	7.55×10^{-6}
Scenariul 3	1.44×10^{-5}	4.88×10^{-6}
Scenariul 4	1.73×10^{-5}	7.22×10^{-6}
Scenariul 5	1.67×10^{-5}	5.23×10^{-6}
Scenariul 6	1.82×10^{-5}	6.83×10^{-6}

Tabela 2: Sinteză performanței agentului pe baza fișierului rezultate_finale.csv

7 Contribuții personale

- **Tosa Dumitru Cezar:**

- Implementarea a 3 scenarii de test.
- Transpunerea regulilor de circulație în reguli de inferență specifice limbajului *CLIPS*.
- Integrarea modulului de validare a manevrelor.

- **Pacurar Irina:**

- Proiectarea și implementarea a 3 scenarii de test.
- Documentarea legislației rutiere și identificarea cazurilor limită.
- Redactarea documentației tehnice și structurarea raportului final.