

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII ȘTIINȚIFICE



UNIVERSITATEA TEHNICĂ

DIN CLUJ-NAPOCA

FACULTATEA DE AUTOMATICĂ ȘI CALCULATOARE
DEPARTAMENTUL DE AUTOMATICĂ

TEMA 1
SISTEM PENTRU CONTROLUL BARIEREI

PROIECT - SISTEME HIBRIDE

Specializare: **CAP, anul II**
Studenti: **Ana-Gabriela TĂMAS și Alexandru ZIGLER**

2025

Cuprins

Capitolul 1 Specificațiile problemei	1
1.1 Descrierea componentelor	1
1.2 Cerințele aplicației software	2
Capitolul 2 Implementare	4
2.1 Trenuri, bariere și controllere	4
2.2 Autoturism cu transmisie automată	7
Capitolul 3 Rezultate	9
3.1 Întârzierea semnalului de comandă	9
3.2 Trenuri și bariere	10
3.3 Vehicul cu transmisie automată	11
3.4 Estimarea consumului de combustibil	12

Capitolul 1

Specificațiile problemei

1.1 Descrierea componentelor

Se consideră un sistem care urmărește modelarea unei părți a transportului feroviar, și anume, interacțiunea acestuia cu drumurile publice. În acest sens, se consideră o șină de tren circulară și o trecere la nivel cu calea ferată, prevăzută cu o barieră, care se dorește a fi controlată.

Trenul

Viteza de croazieră a trenului poate varia între 40 și 50 m/s. Când acesta se află în vecinătatea barierei, la mai puțin de 1000 m, viteza sa scade la 30 m/s. După trecerea de barieră, la 100 m, trenul va accelera pentru a-și atinge viteza inițială.

Bariera

Pozitia barierei poate avea valori între 0 și 90 de grade, cu convenția 0 grade - bareiră închisă și 90 de grade - bariera deschisă. Viteza unghiulară a barierei este mereu constantă, și anume, 9 grade pe secundă. Bariera poate primi comenzi de la *controller*, de coborâre, respectiv ridicare.

Controller-ul

El se ocupă în întregime de logica și luarea deciziilor, bazându-se pe stările trenurilor și barierei controlate, dar și pe apariția unor evenimente. Controller-ul folosește doi senzori care detectează intrarea sau ieșirea trenurilor în, respectiv din proximitatea barierei. Un alt aspect este prezența unei întârzieri din momentul apariției unui eveniment (de la senzori) și până când controller-ul trimite răspunsul său (comanda) spre barieră.

Notății folosite

- x - poziția trenului (trenurilor - caz în care x este vector)
- y - poziția barierei
- u - întârzierea controller-ului
- z - măsoară timpul trecut (pentru simularea întârzierii)
- eveniment *apropiere* - trenul intră în proximitatea barierei
- eveniment *iesire* - trenuliese din proximitatea barierei
- eveniment *ridicare* - comandă generată de controller pentru ridicarea barierei
- eveniment *coborâre* - comandă generată de controller pentru coborârea barierei

1.2 Cerințele aplicației software

În primul rând, se dorește determinarea valorilor posibile ale întârzierii u , astfel încât, ca o măsură de siguranță, bariera să fie complet închisă pe duratele de timp când trenul se află la mai puțin de 10 m distanță de barieră.

Un alt aspect necesar este ca aplicația să poată simula scenariul din Figura 1.1. Este vorba de o cale ferată circulară de 10 km pe care circulă mai multe trenuri și un drum public pe care circulă autovehicule. Cele două traiectorii se intersectează în 4 puncte diferite, fiecare punct fiind prevăzut cu barieră și controller.

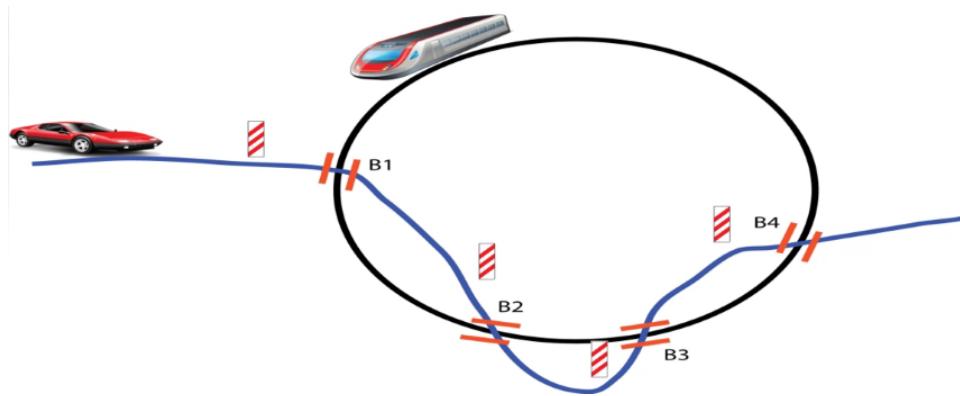


Figura 1.1: Scenariu de simulare

Mai departe, se dorește modelarea comportamentului unui autoturism, care circulă cu viteza constantă V , în zona în care întâlnește o trecere de cale ferată. Aflat la o distanță D de calea ferată, presemnalizată corespunzător, autoturismul decelerează până la distanța

d față de barieră, moment în care se oprește. Așteaptă trecerea trenului dacă este cazul, apoi accelerează până atinge viteza $v = 0.15 \cdot V$. După ce parcurge distanța D (în sens opus față de cazul inițial), autoturismul accelerează până atinge viteza inițială V .

Modelul autoturismului trebuie să cuprindă o transmisie automată. Se dorește estimarea costului combustibilului consumat în urma parcurgerii traseului.

Mențiuni suplimentare

- există 4 bariere, ale căror poziție trebuie definită prin câte 4 distanțe relative la punctele de start, atât pe axa căii ferate, cât și pe cea a drumului public;
- punctul de start al căii ferate trebuie să fie la cel puțin 1000 m distanță de prima barieră;
- distanța dintre oricare 2 bariere consecutive trebuie să fie cel puțin 1100 m;
- fiecare barieră (împreună cu controller-ul său) sunt independente de celelalte bariere;
- trenurile sunt decuplate de restul componentelor aşa încât oricâte trenuri pot intra pe linia circulară de cale ferată;
- modelarea mai multor trenuri se face prin întârzieri în pornirile trenurilor, relative la momentul începerii simulării.

Capitolul 2

Implementare

2.1 Trenuri, bariere și controlere

Modelarea stărilor continue

Pentru modelarea barierei, se pornește de la ecuația $\dot{y} = \pm 9$, luând în considerare limitele de 0 și 90 de grade.

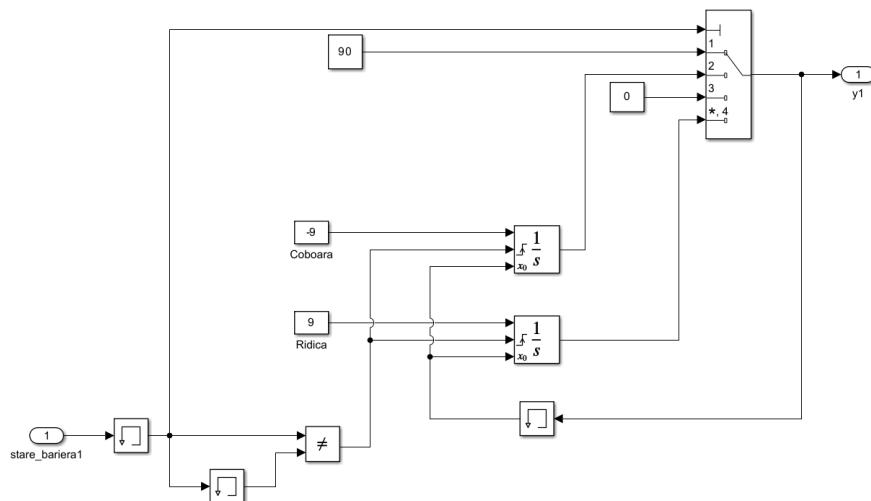


Figura 2.1: Model barieră

Modelarea continuă a controller-ului presupune doar calcularea timpului care a trecut de la ultima comandă de tip *ridicare* sau *coborâre*. Scopul este simularea unui efect de întârziere.

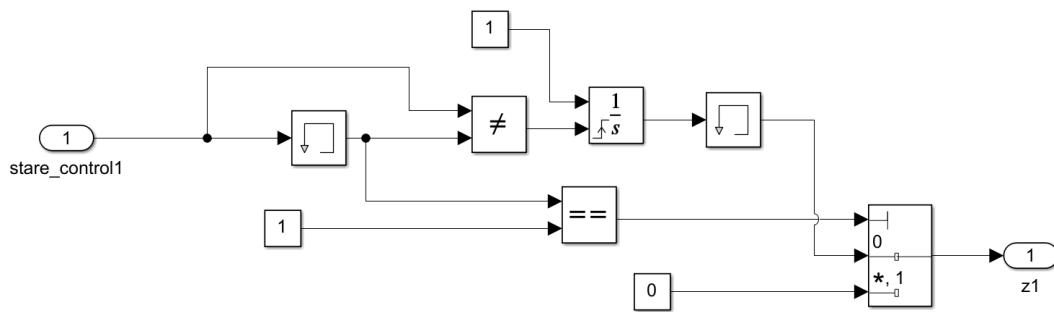


Figura 2.2: Model controller

Modelarea trenurilor are un grad de complexitate mai mare, deoarece numărul trenurilor este variabil, lucrându-se cu semnale vectoriale. Se selectează vitezele posibile cu care poate circula un tren. Folosind integratoare pentru accelerării, trecerea de la o viteză la alta nu prezintă discontinuități. Intrarea subsistemului conține un vector cu stările fiecărui tren. Integratoarele corespunzătoare fiecărui tren în parte se resetează de fiecare dată când acesta își schimbă starea. Vitezele se trec prin un bloc de întârziere care permite întârzierea fiecărui semnal cu numărul de pe poziția corespunzătoare din vector. Vitezele întârziate se integrează pentru obținerea pozițiilor, care se resetează când parcurg un cerc complet al căii ferate.

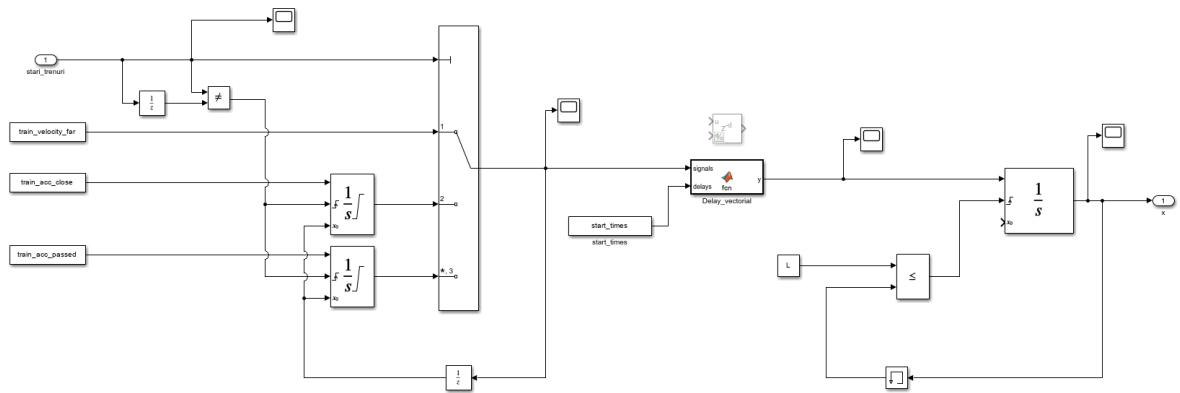


Figura 2.3: Model trenuri

Modelarea stărilor discrete

În Figura 2.4 se observă cele 4 stări în care poate afla o barieră. Tranzitiiile sunt determinate de generarea evenimentelor *ridicare* și *coborâre*, de către controller, cu excepția limitărilor mecanice de 0 și 90 de grade. Prin tranzitii sunt acoperite toate cazurile posibile (din punct de vedere fizic) de evoluție a stărilor.

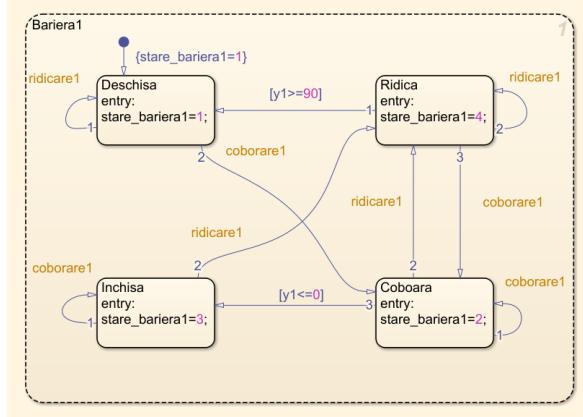


Figura 2.4: Evoluția stărilor barierei

Controller-ul are 3 stări posibile în care se poate afla, una de așteptare, una în care dă comandă de coborâre și una în care dă comandă de ridicare. Tranzițiile care scot controller-ul din starea de așteptare sunt cele provenite de la trenuri. Se observă că din starea de comandă de ridicare se poate trece în starea de comandă de coborâre, dar invers nu. Pentru a se întoarce în starea de așteptare, controller-ul simulează întârzierea u , apoi trimit evenimentele spre barieră.

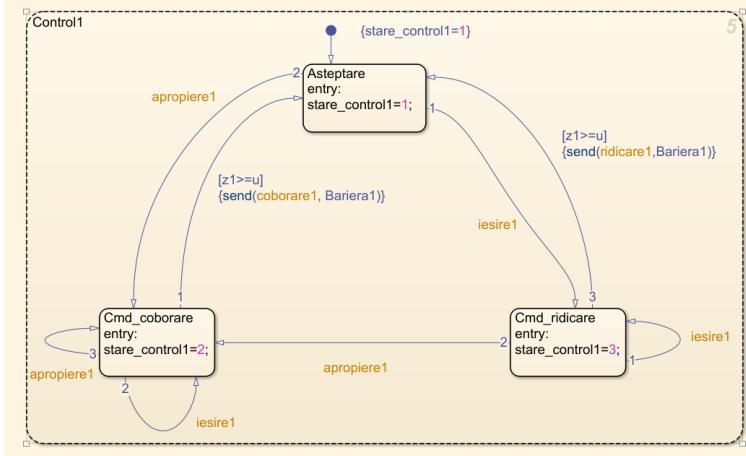


Figura 2.5: Evoluția stărilor controller-ului

Deoarece numărul trenurilor este variabil, modelarea stărilor discrete folosind stări din *Stateflow* ar fi fost dificilă, așa că s-a preferat o structură reprezentativă care parcurge lista de trenuri. Se verifică la fiecare rulare dacă poziția trenului curent se află în preajma senzorilor care detectează că trenul se află în proximitatea barierei, fie de intrare, fie de ieșire și se generează evenimente corespunzătoare ce vor fi trimise la controler. În cazul în care un tren se află la intrare, iar celălalt la ieșire, comanda de ridicare a barierei dată

de trenul ce ieșe nu va fi luată în calcul de controller, deoarece, în spatele său, un alt tren se apropie de barieră. De asemenea, se actualizează la fiecare pas vectorul de stări al trenurilor.

```

if round(x(i)) == barrier_dist01 - 1000
    v_iesire(i)=0; % resetare valoare ieșire
    v_apropiere(i) = 1; % bariera 1
    send(apropiere1,Control1)
    stari_trenuri(i)=2; % stare tren aproape
    continue
end
if round(x(i)) == barrier_dist01 + 100
    v_apropiere(i) = 0; % resetare valoare apropiere
    v_iesire(i) = 1; % bariera 1
    if isempty(find(v_apropiere==1)) % daca nu sunt alte trenuri in spate
        send(iesire1,Control1)
    end
    stari_trenuri(i)=1; % stare tren departe
end

```

Figura 2.6: Evoluția stărilor trenurilor - secvență de cod

2.2 Autoturism cu transmisie automată

Sistemul din Figura 2.7 cuprinde modele matematice pentru transmisia și motorul unui vehicul, logica de schimbare a vitezelor folosind stări discrete, dar și interacțiunea dintre toate acestea. Are ca intrări pedalele de accelerare și de frână, iar ieșirile sunt viteza mașinii și turata motorului.

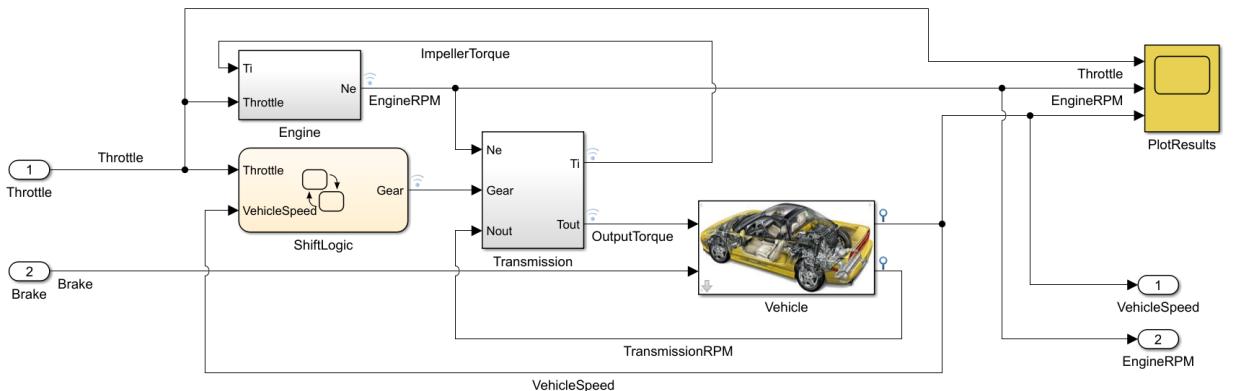


Figura 2.7: Model autoturism cu cutie automată

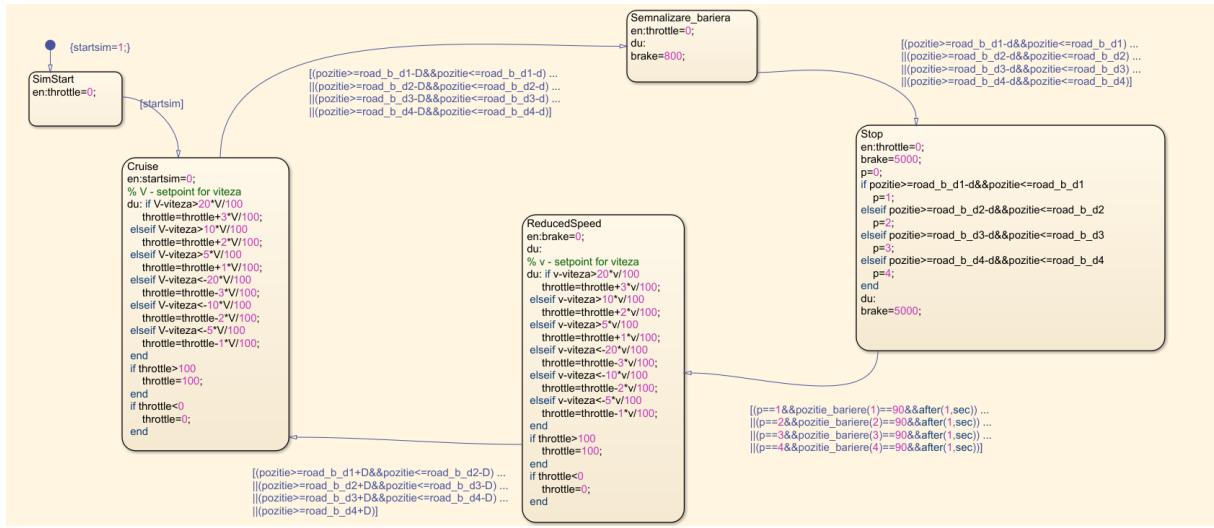


Figura 2.8: Model autoturism cu cutie automată

Figura 2.8 descrie stările în care se află un automobil, în contextul unei treceri la nivel cu calea ferată. Comenzile *throttle* și *brake* sunt date modelului de vehicul descris mai sus. Starea *Cruise* menține autoturismul la viteza constantă V , folosind un control simplu și ineficient, dar asemănător cu cel folosit de creierul uman. Starea *Semnalizare_bariera* frânează pe tot parcursul distanței (D, d) . Autoturismul se oprește (starea *Stop*) în punctul d și verifică dacă bariera este complet ridicată. În caz afirmativ, după o secundă, mașina pornește de pe loc, iar în caz negativ, se așteaptă trecerea trenului. Următoarea stare, *ReducedSpeed* menține viteza constantă v pe distanța D parcursă ulterior trecerii de barieră. Întreg procesul se repetă de 4 ori.

Capitolul 3

Rezultate

3.1 Întârzierea semnalului de comandă

În această secțiune vom descrie modul în care am determinat întârzierea semnalului de comandă u , care asigură că bariera este complet închisă în momentul în care trenul se află la o distanță de cel mult 10 m față de barieră.

Cunoaștem faptul că în momentul în care trenul se apropie de barieră la o distanță de 1000 m, viteza acestuia scade de la 40-50 m/s la 30 m/s, iar distanța parcursă până la limita de 10 m considerată este de $1000 \text{ m} - 10 \text{ m} = 990 \text{ m}$. Astfel, timpul în care trenul ajunge de la 1000 m la 10 m este:

$$\frac{(1000 - 10) \text{ m}}{30 \text{ m/s}} = \frac{990 \text{ m}}{30 \text{ m/s}} = 33 \text{ sec.}$$

De asemenea, durata propriu-zisă de închidere a barierei este:

$$\frac{90 \text{ deg}}{9 \text{ deg/s}} = 10 \text{ sec.}$$

Astfel, din cele 33 secunde în care trenul ajunge la limita impusă față de barieră, 10 secunde sunt alocate coborârii barierei, ceea ce indică faptul că întârzierea maximă admisă pentru semnalul de comandă al controlerului este:

$$(33 - 10) \text{ sec} = 23 \text{ sec.}$$

3.2 Trenuri și bariere

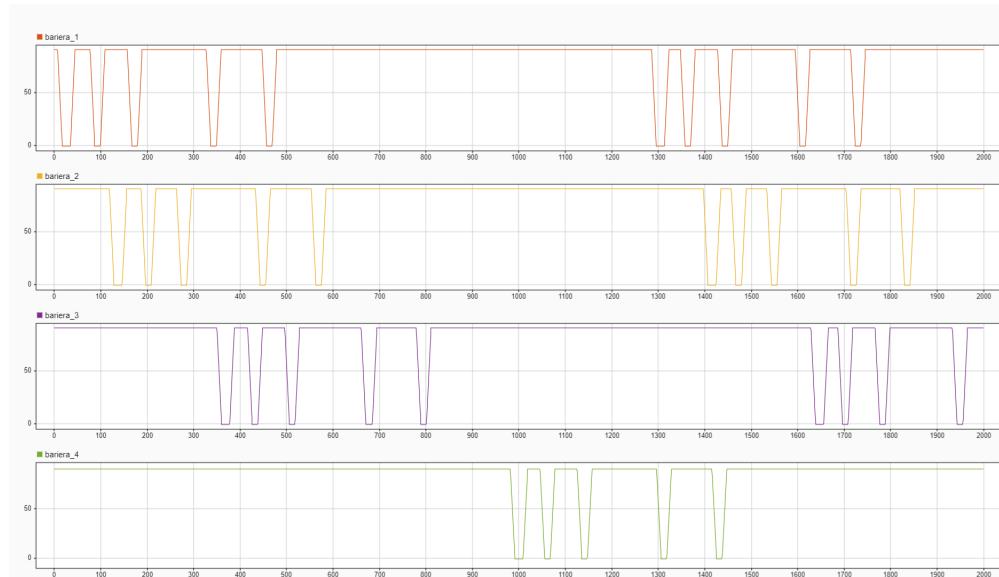


Figura 3.1: Pozițiile barierelor, 5 trenuri pe linia ferată

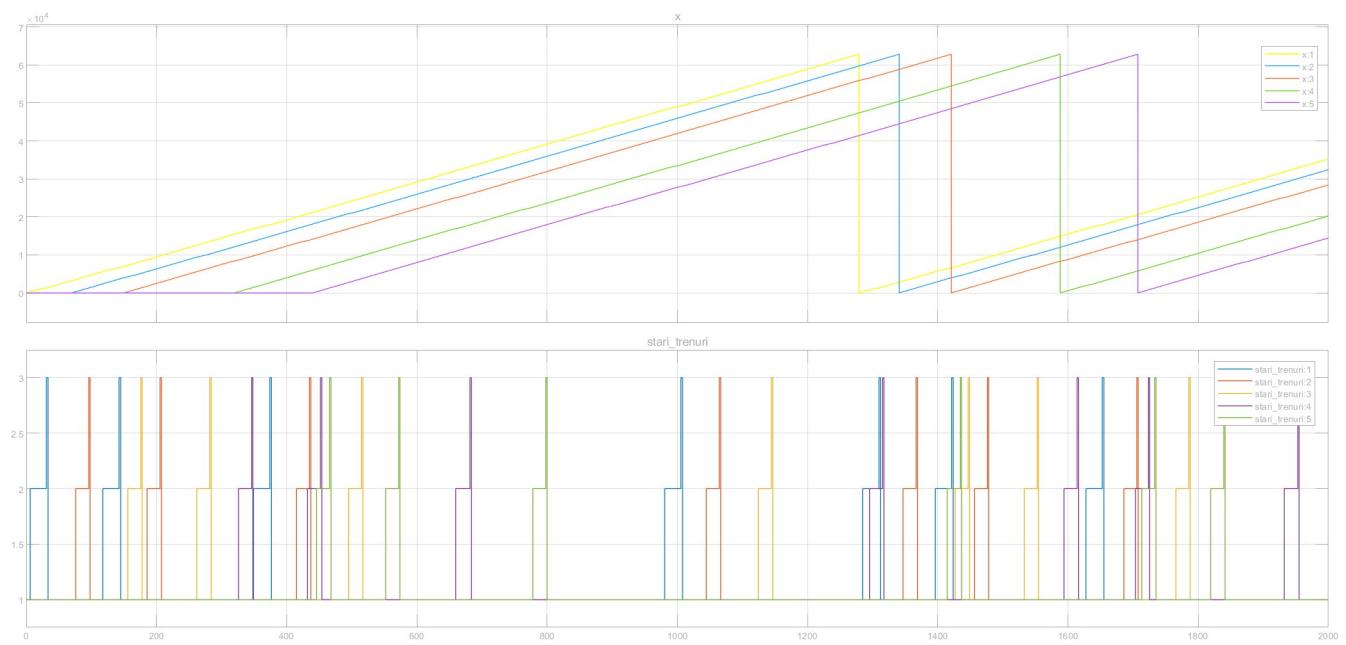


Figura 3.2: Pozițiile și stările trenurilor, 5 trenuri pe linia ferată

3.3 Vehicul cu transmisie automată

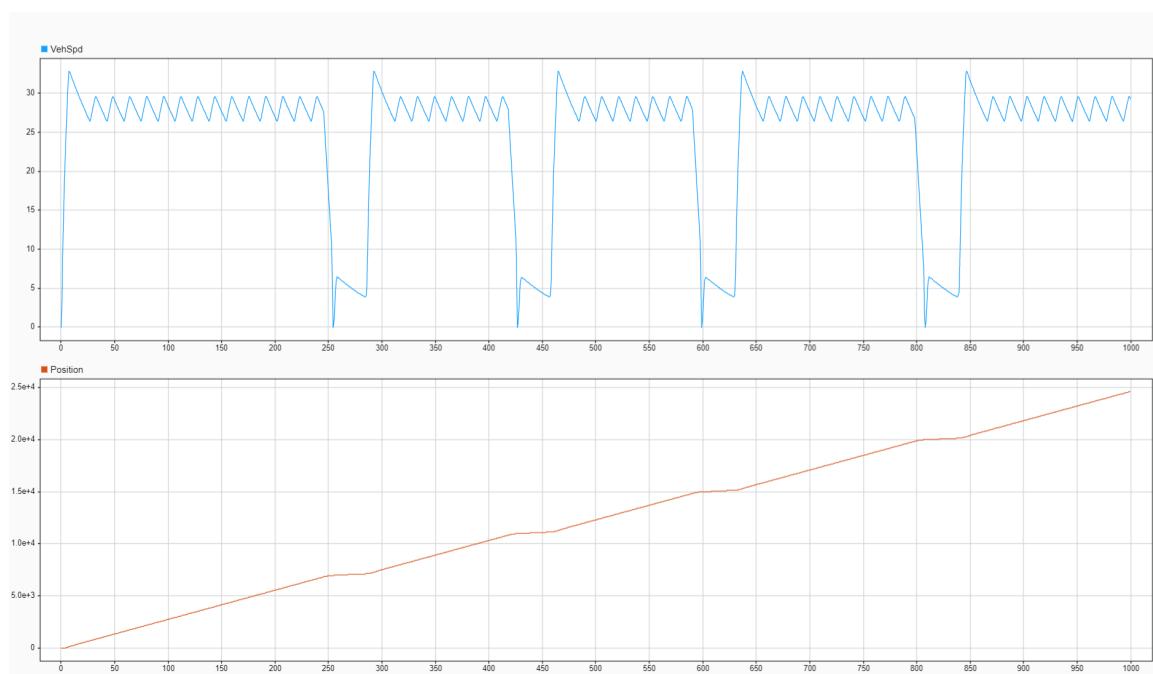


Figura 3.3: Viteza și poziția autoturismului, toate barierele deschise

3.4 Estimarea consumului de combustibil

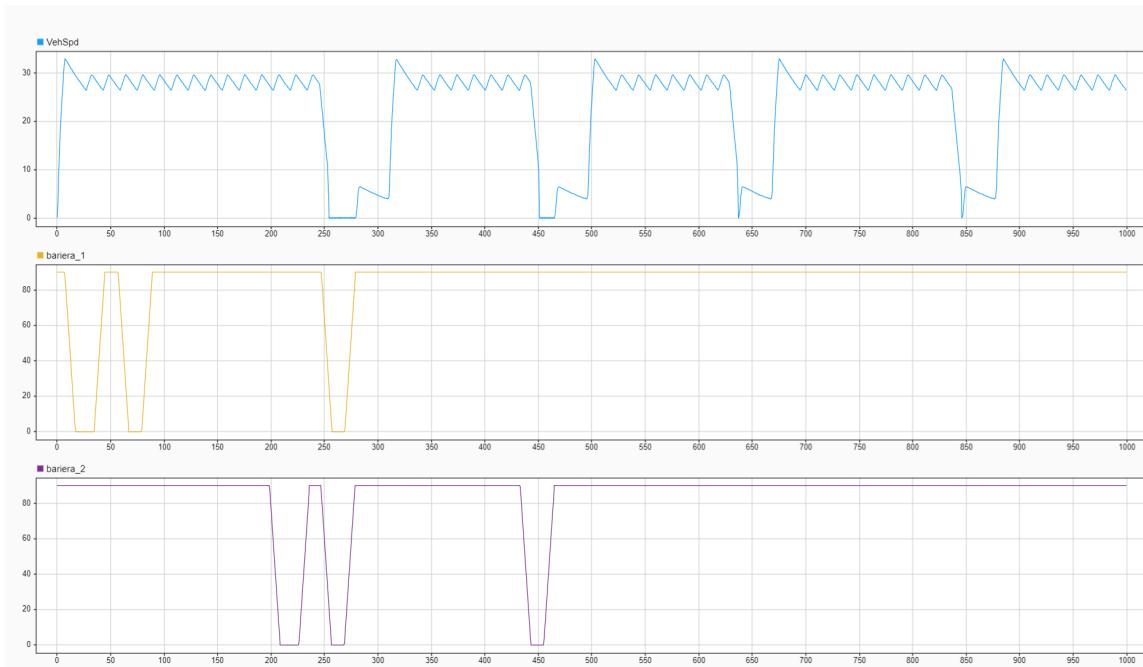


Figura 3.4: Viteza autoturismului și pozițiile barierelor închise

Pentru a afla consumul total de combustibil, se integrează semnalul cu turația instantanea a motorului și se înmulțește cu o constantă mecanică ce depinde de proprietățile motorului. Cu o constantă $k = 2 \cdot 10^{-6}$, obținem un consum de 2.5 litri și distanța parcursă de 23.55 km la 2 bariere deschise.