



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI



Instrumente Structurale
2007-2013



TITLU SUB-PROIECT:
**Design software pentru serviciu IT de rutare inteligenta in
traficul rutier urban in context de Smart City**

Director proiect:
Conf.dr. Paulina Mitrea

Responsabil sub-proiect:
Prof.dr. Eneia Nicolae Todoran

Membrii echipa sub-proiect:
S.I.dr. Delia Mitrea
Ing. Augustin Terec
Ing. Dorin Simina



BRAINED CITY
more sustainable living

Proiect co-finanțat din Fondul European de Dezvoltare Regională prin Programul Operațional Sectorial „Creșterea Competitivității Economice”, Axa 1 POSCE, operațiunea O1.3.3 – Sprijin pentru integrarea întreprinderilor în lanțurile de furnizori sau clustere, Cod SMIS 49752

Investiții Pentru Viitorul Dumneavoastră

Design software pentru serviciu IT de rutare inteligenta in traficul rutier urban in context de Smart City

☐ Motivatie

- ☐ Traficul urban intr-un oras cum este Cluj-Napoca este extrem de ineficient, iar cauzele sunt multiple
 - ☐ Infrastructura rutiera este incapabila sa faca fata numarului mare de masini la orele de varf
- ☐ Se urmareste imbunatatirea sigurantei si eficientei in trafic
 - ☐ Imbunatatirea geometriei rutiere, construirea de sosele subterane sau suspendate (costuri ridicate)
 - ☐ Management si informare, inclusiv solutii software
 - ☐ Sisteme implementate in SUA, Japonia, Europa

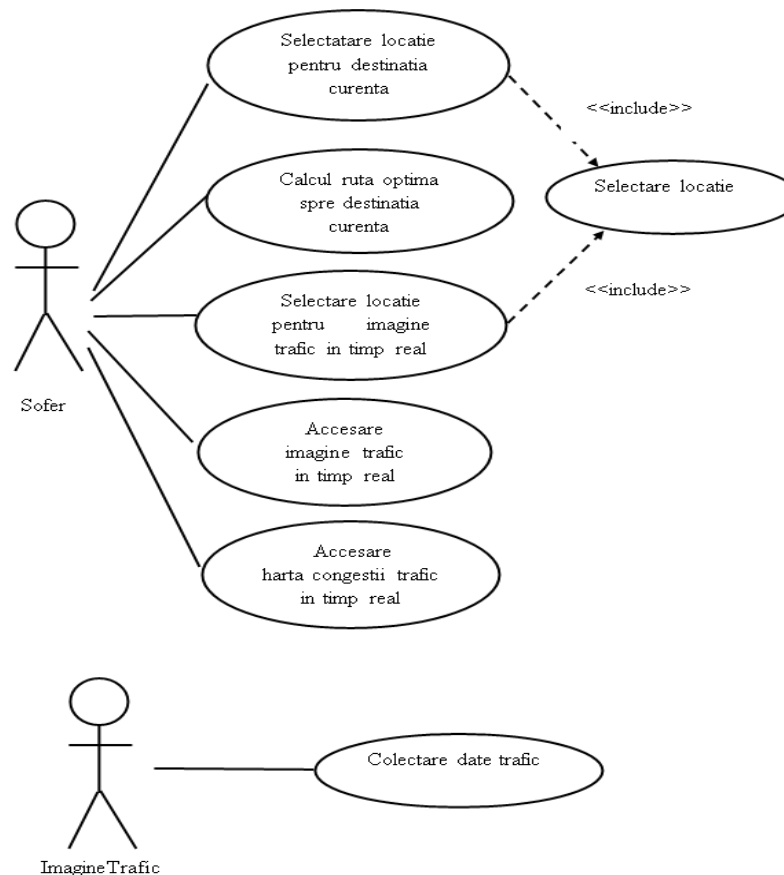
Design software pentru serviciu IT de rutare inteligenta in traficul rutier urban in context de Smart City

- ☐ Scopul sub-proiectului
 - ☐ Realizarea unui sistem de calcul distribuit pentru monitorizarea traficului urban
 - ☐ Elaborarea de modele functionale si cantitative care implica aspecte de timp real si aspecte statistice
 - ☐ Dezvoltarea de servicii software fiabile ce pot fi utilizate de soferi cu scopul de a reduce intarzierile in trafic
- ☐ Abordare prin metode formale de analiza si proiectare: algebre de procese, PRISM model checker
 - ☐ Independenta de implementare, fiabilitate

Design software pentru serviciu IT de rutare inteligenta in traficul rutier urban in context de Smart City

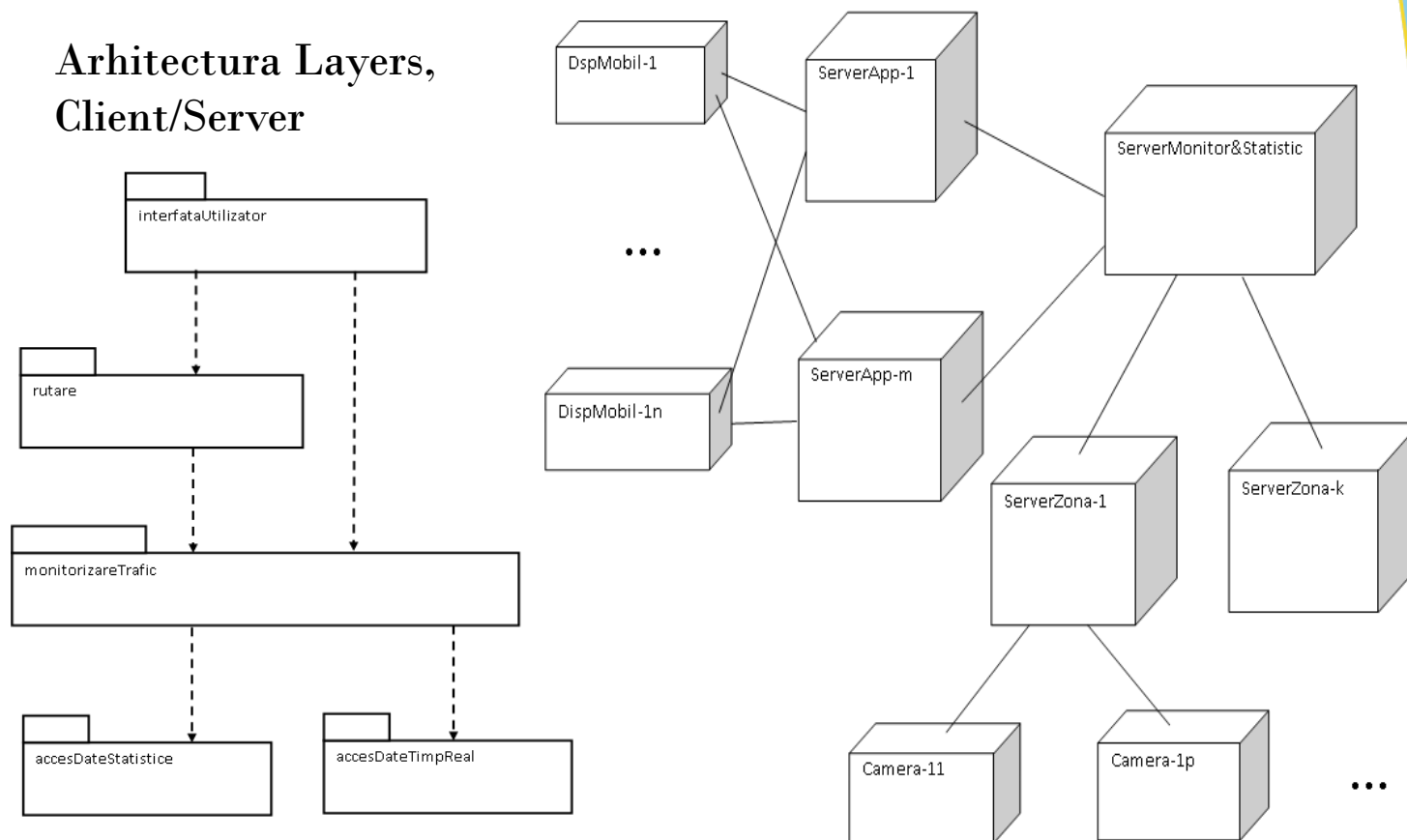
Analiza cazuri utilizare

- ☐ Soferul - principalul destinatar al serviciilor software
- ☐ Constrangeri:
 - ☐ Serviciul de rutare trebuie sa opereze instantaneu
 - ☐ Pentru celelalte servicii se tolereaza intarzieri de ordinul secundelor
- ☐ Ruta optima se calculeaza offline pe baza observatiilor statistice



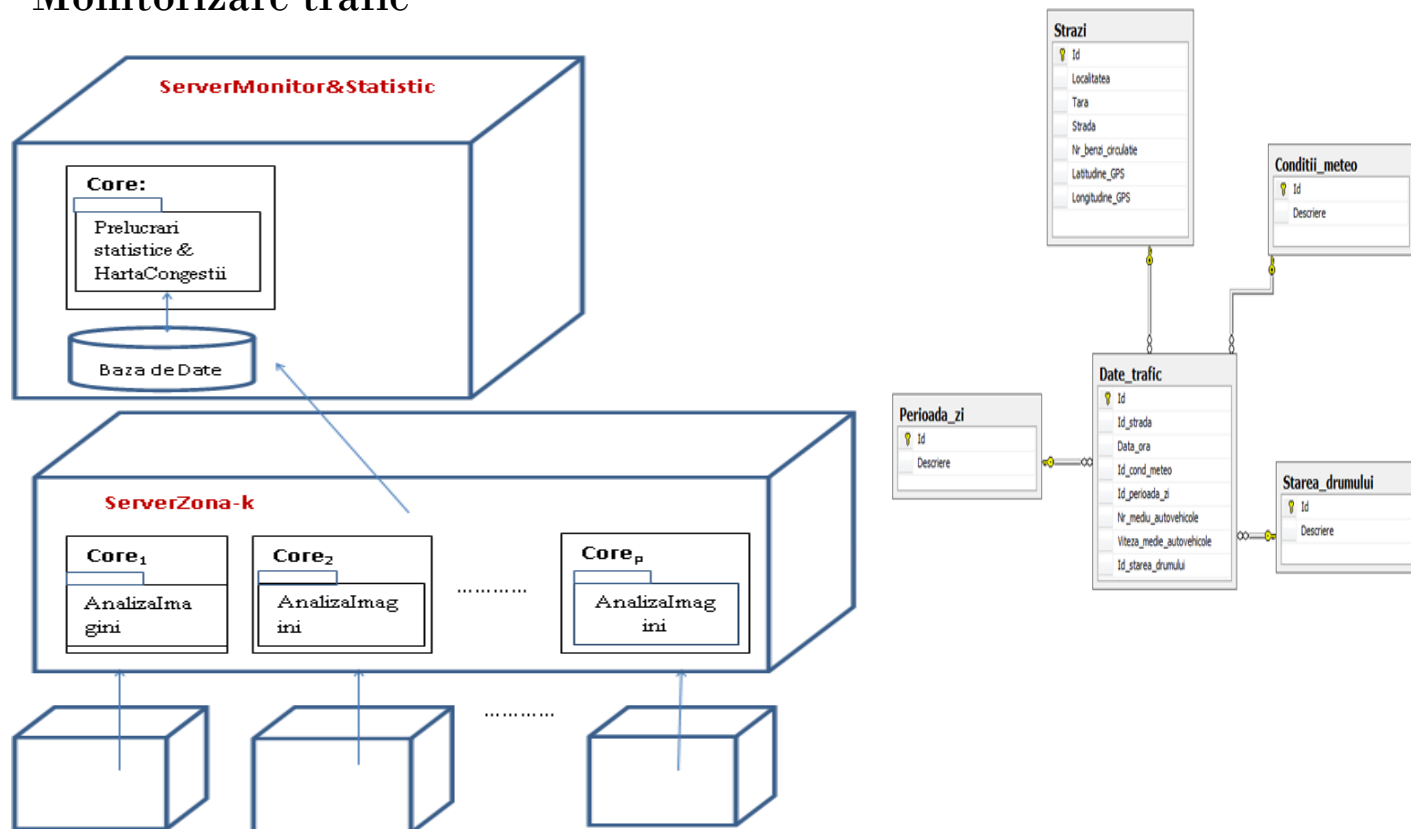
Design software pentru serviciu IT de rutare inteligenta in traficul rutier urban in context de Smart City

Arhitectura Layers, Client/Server



Design software pentru serviciu IT de rutare inteligenta in traficul rutier urban in context de Smart City

Monitorizare trafic





UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI



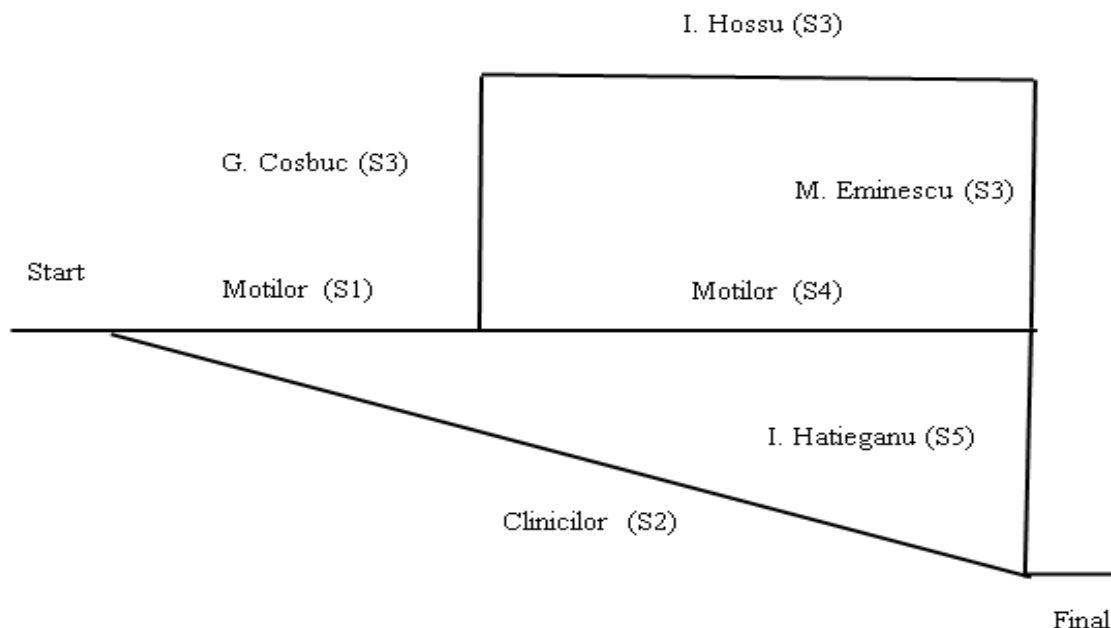
Instrumente Structurale
2007-2013



Design software pentru serviciu IT de rutare inteligenta in traficul rutier urban in context de Smart City

Proiectare PRISM serviciu rutare ca automat finit probabilistic

- ❑ Ilustrare pe un grup de strazi din Cluj-Napoca
- ❑ Scenariu modelat: un automobil se deplaseaza intre Start si Final



BRAINED CITY
more sustainable living

Proiect co-finanțat din Fondul European de Dezvoltare Regională prin Programul Operațional Sectorial „Creșterea Competitivității Economice”, Axa 1 POSCE, operațiunea O1.3.3 – Sprijin pentru integrarea întreprinderilor în lanțurile de furnizori sau clustere, Cod SMIS 49752

Investiții Pentru Viitorul Dumeavoastră

Design software pentru serviciu IT de rutare inteligenta in traficul rutier urban in context de Smart City

Proiectare PRISM serviciu rutare ca MDP (Markov Decision Process)

❑ Model MDP nedeterminist

mdp

const int maxc = 24; // valoarea maxima a ceasului global

const int maxlc = 10; // valoarea maxima a ceasului local (pe fiecare segment de strada)

const int tmed11 = 1; // durata medie necesara parcurgerii segmentului S1 in intervalul de timp 1

const int tmed12 = 3; // durata medie necesara parcurgerii segmentului S1 in intervalul de timp 2

const int tmed13 = 1; // durata medie necesara parcurgerii segmentului S1 in intervalul de timp 3

const int tmed21 = 7;

const int tmed22 = 1;

const int tmed23 = 3;

const int tmed31 = 1;

const int tmed32 = 3;

const int tmed33 = 2;

const int tmed41 = 2;

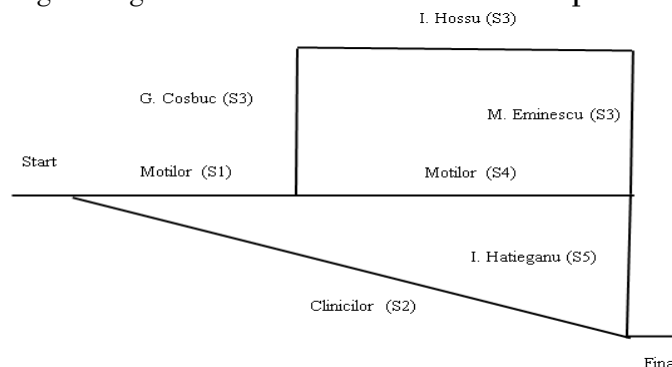
const int tmed42 = 3;

const int tmed43 = 2;

const int tmed51 = 1;

const int tmed52 = 2;

const int tmed53 = 3;



BRAINED CITY
more sustainable living

Proiect co-finanțat din Fondul European de Dezvoltare Regională prin Programul Operațional Sectorial „Creșterea Competitivității Economice”, Axa 1 POSCE, operațiunea O1.3.3 – Sprijin pentru integrarea întreprinderilor în lanțurile de furnizori sau clustere, Cod SMIS 49752

Investiții Pentru Viitorul Dumneavoastră

Design software pentru serviciu IT de rutare inteligenta in traficul rutier urban in context de Smart City

Se utilizeaza un modul ceas global (incrementat sincron)

module Ceas

```
c : [0..maxc] init 0;
[transfercontrol1] true -> (c'=(c+1>=maxc)?0:c+1); // transfer intre segmentele Control si S1
[transfercontrol2] true -> (c'=(c+1>=maxc)?0:c+1);
[transfer2control] true -> (c'=(c+1>=maxc)?0:c+1);
[transfer5control] true -> (c'=(c+1>=maxc)?0:c+1);
[idle1] true -> (c'=(c+1>=maxc)?0:c+1); // se efectueaza cand c>=12
...
[idle5] true -> (c'=(c+1>=maxc)?0:c+1);
[run1] true -> (c'=(c+1>=maxc)?0:c+1); // deplasare masina pe segmentul S1
...
[run5] true -> (c'=(c+1>=maxc)?0:c+1);
[transfer13] true -> (c'=(c+1>=maxc)?0:c+1); // transfer intre segmentele S1 si S3
[transfer35] true -> (c'=(c+1>=maxc)?0:c+1);
[transfer14] true -> (c'=(c+1>=maxc)?0:c+1);
[transfer45] true -> (c'=(c+1>=maxc)?0:c+1);
endmodule
```

Design software pentru serviciu IT de rutare inteligenta in traficul rutier urban in context de Smart City

Modulele Control si S1 (design similar pentru S2, S3, S4, S5)

module Control // start si intrare spre S1 sau S2, iesire din S2 sau S5 spre final

run : [0..2] init 0; // 0 = start, 1=run, 2=final

[transfercontrol1] run=0 -> (run'=1);

[transfercontrol2] run=0 -> (run'=1);

[transfer2control] run=1 -> (run'=2);

[transfer5control] run=1 -> (run'=2);

endmodule

module S1 // intrare din Control, iesire spre S3 sau S4

t1 : bool init false; // t1=true la sfarsitul executiei daca S1 a fost tranzitat

s1 : bool init false; // false = idle, true = run (revine in idle dupa tranzitare)

lc1 : [1..maxlc] init 1;

[idle1] !s1 & c>=12 -> true; // S1 ramane in starea idle cand c>=12

[transfercontrol1] !s1 & c>=0 & c<4 -> (s1'=true) & (lc1'=tmed11); // start run S1 in intervalul 0..4

[transfercontrol1] !s1 & c>=4 & c<8 -> (s1'=true) & (lc1'=tmed12); // ... in intervalul 5..8

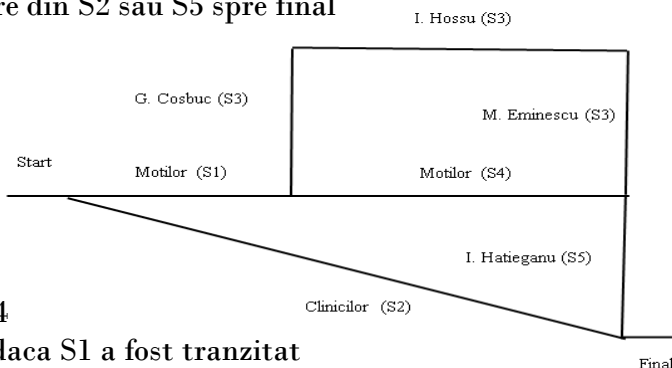
[transfercontrol1] !s1 & c>=8 & c<12 -> (s1'=true) & (lc1'=tmed13); // ... in intervalul 9..12

[run1] s1 & !s2 & !s3 & !s4 & !s5 & lc1>1 & c<12 -> (lc1'=lc1-1); // run S1

[transfer13] s1 & !s2 & !s3 & !s4 & !s5 & lc1=1 & c<12 -> (s1'=false) & (t1'=true); // transfer S1 spre S3

[transfer14] s1 & !s2 & !s3 & !s4 & !s5 & lc1=1 & c<12 -> (s1'=false) & (t1'=true); // transfer S1 spre S4

endmodule



Design software pentru serviciu IT de rutare inteligenta in traficul rutier urban in context de Smart City

- ☐ Se obtine un automat finit cu 17 stari
- ☐ Se proiecteaza o structura de recompensa pentru calculul timpului petrecut in trafic de automobilul nostru
 - ☐ Se ataseaza recompensa (costul) 1 fiecarei actiuni

```
rewards "timp_consumat"  
  [transfercontrol1] true:1;  
  [transfercontrol2] true:1;  
  [transfer2control] true:1;  
  [transfer5control] true:1;  
  [run1] true:1;  
  [run2] true:1;  
  [run3] true:1;  
  [run4] true:1;  
  [run5] true:1;  
  [transfer13] true:1;  
  [transfer35] true:1;  
  [transfer14] true:1;  
  [transfer45] true:1;  
endrewards
```

Design software pentru serviciu IT de rutare inteligenta in traficul rutier urban in context de Smart City

Se poate utiliza limbajul PRISM de specificare a proprietatilor (modelul fiind de tip MDP se obtin valori minime sau maxime)

☐ Calculul timpului minim de deplasare intre Start si Stop

$R\{\text{"timp_consumat"}\}_{\min}=? [F \text{ (run=2)}]$

⇒ 4.0

☐ Calculul timpului maxim de deplasare intre Start si Stop

$R\{\text{"timp_consumat"}\}_{\max}=? [F \text{ (run=2)}]$

⇒ 8.0

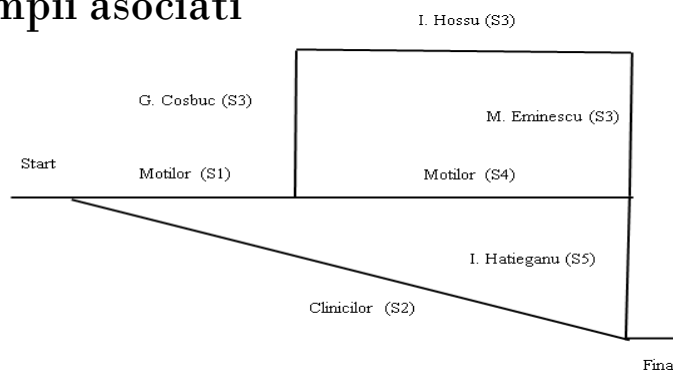
☐ Calculul tuturor rutelor cu timpii asociati

filter (print,run=2)

⇒ Ruta S1, S3, S5 in 4.0 unitati de timp

⇒ Ruta S1, S4, S5 in 5.0 unitati de timp

⇒ Ruta S2 in 8.0 unitati de timp



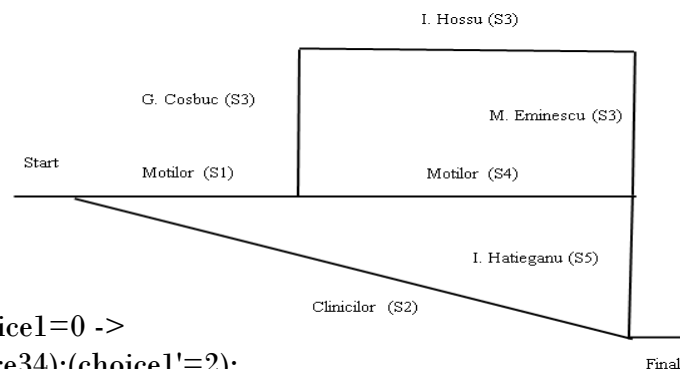
Design software pentru serviciu IT de rutare inteligenta in traficul rutier urban in context de Smart City

- ❑ Model PRISM cu tranzitii probabilistice
 - ❑ Simuleaza diferite grade de congestie pe rute alternative

```

const double p_alegere12, p_alegere34;
module Control // start si intrare spre S1 sau S2, iesire din S2 sau S5 si stop
    run : [0..2] init 0; // 0 = start, 1=run, 2=stop
    choice : [0..2] init 0;
    [] run=0 & choice=0 -> p_alegere12 : (choice'=1) + (1-p_alegere12):(choice'=2);
    [transfercontrol1] run=0 & choice=1 -> (run'=1);
    [transfercontrol2] run=0 & choice=2 -> (run'=1);
    ...
endmodule

module S1
    ...
    choice1 : [0..2] init 0;
    ...
    [] s1 & !s2 & !s3 & !s4 & !s5 & lc1=1 & c<12 & choice1=0 ->
        p_alegere34:(choice1'=1) + (1-p_alegere34):(choice1'=2);
    [transfer13] s1 & !s2 & !s3 & !s4 & !s5 & lc1=1 & c<12 & choice1=1 -> (s1'=false) & (t1'=true);
    [transfer14] s1 & !s2 & !s3 & !s4 & !s5 & lc1=1 & c<12 & choice1=2 -> (s1'=false) & (t1'=true);
endmodule
    
```



Design software pentru serviciu IT de rutare inteligenta in traficul rutier urban in context de Smart City

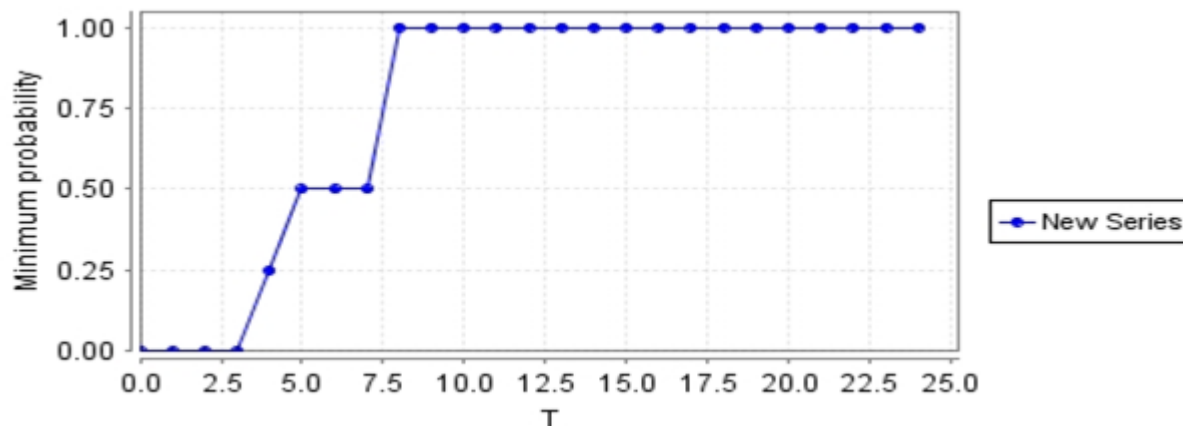
❑ Experiment PRISM

const int T; // T ia valori in intervalul [0,24]

❑ Probabilitatea ca automobilul sa ajunga din Start in Final (cand $p_{alegere12}=p_{alegere34}=0.5$) in T unitati de timp

$P_{min}=?[F(c \leq T \ \& \ run=2)]$

// experimental => $P_{max}=?[F(c \leq T \ \& \ run=2)]=P_{min}=?[F(c \leq T \ \& \ run=2)]$



Design software pentru serviciu IT de rutare inteligenta in traficul rutier urban in context de Smart City

❑ Aceeasi interogare

$P_{min} = ?[F(c \leq T \ \& \ run=2)]$

// experimental $\Rightarrow P_{max} = ?[F(c \leq T \ \& \ run=2)] = P_{min} = ?[F(c \leq T \ \& \ run=2)]$

❑ Experiment ($p_{alegere34}=0.5$)

❑ $p_{alegere12}$ ia valori in intervalul $[0,1]$ cu pasul 0.2

❑ T ia valori in intervalul $[0,24]$

