

Controlul traficului vehiculelor (Vehicle Traffic Control)

Conținut: - Content

- 1. Introducere în problemele traficului vehiculelor- Introduction to vehicle traffic problems**
- 2. Taxonomia sistemelor de control al traficului vehiculelor – Taxonomy of vehicle traffic control systems**
- 3. Trăsăturile sistemelor de trafic ale vehiculelor – Features of the vehicle traffic control systems**
- 4. Obiectivele controlului traficului vehiculelor – Objectives of the vehicle traffic control**

5. **Arhitecturile sistemelor pentru controlul traficului vehiculelor – Architectures of vehicle traffic control systems**
6. **Congestionarea - Congestions**
7. **Informațiile caracteristice traficului vehiculelor – Vehicle traffic characteristics**
8. **Dispozitive de detecție – Detection devices**
9. **Modelarea și identificarea sistemelor de trafic al vehiculelor – Modeling and identification of vehicle traffic systems**
10. **Metode pentru controlul traficului vehiculelor – Control methods for vehicle traffic**

1. Introducere în problemele traficului vehiculelor-

Introduction to vehicle traffic problems

- a) Proiectarea infrastructurii – infrastructure design
 - a. Proiectarea drumurilor - road design
 - i. Autostrăzi - highways
 - ii. Drumuri de viteză - high-speed ways
 - iii. Străzi - street design
 - iv. Intersecții – intersection design
 - v. Sistem de curgere a traficului - traffic flow system design
 - b. Proiectarea sistemului de semnalizare - signal system design
 - c. Proiectarea detectorilor - detector system design
 - d. Proiectarea sistemului de siguranță - safety traffic system design
- b) Sisteme de monitorizare - monitoring systems
- c) Control (semnale fixe, variabile) - (fixed signals, variable signals)

- a. Controlul vitezei - speed control
- b. Controlul trecerilor la nivel - crossing control
- c. Controlul fluxurilor - traffic flow control
- d. Controlul intrărilor în sistem- entrance control (ramp, area, building, parking etc.)
- e. Controlul congestiei - congestion control
- d) Informare, recomandări - information (recommendations)
 - a. Wireless
 - b. Panouri - panels
- e) Sisteme de ghidare - guiding systems
 - a. Găsirea rutei - route finding
 - b. Ghidarea pe rută - Route guiding
- f) Sisteme de taxare - toll systems (high ways, private ways)

2. Taxonomia sistemelor de control al traficului vehiculelor

Taxonomy of vehicle traffic control systems

- sisteme de control al traficului urban – Urban Vehicle Traffic Control Systems
- sisteme de control pe drumurile dintre localități – road vehicle traffic control
- sisteme de control al traficului pe autostrăzi – high ways traffic control
- sisteme de control al intrărilor și ieșirilor pe/de pe autostrăzi (controlul rampelor de acces) – ramp access control
- controlul congestionărilor - congestion control

3. Trăsăturile sistemelor de trafic ale vehiculelor

Features of the vehicle traffic control systems

- sunt sisteme dinamice, mari și complexe – large dynamic complex systems
- implică probleme de alocarea resurselor – resource allocation problems
- au constrângeri temporale – temporal constraints
- parametrii traficului se modifică în timp –variable traffic parameters
- includ participanți umani cu comportament imprevizibil – participants with unpredictable behaviors
- includ probleme de fiabilitate – reliability problems
- probleme de siguranță – safety problems

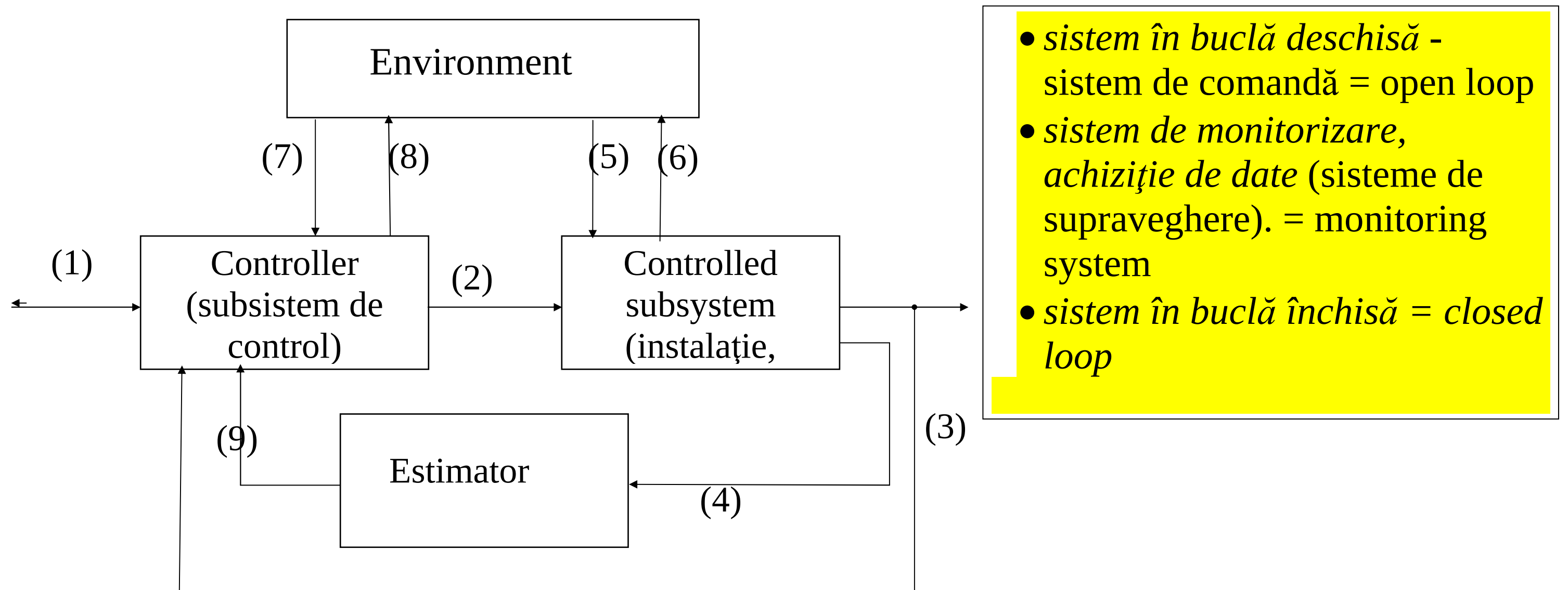
4. Obiectivele controlului traficului vehiculelor

Objectives of the vehicle traffic control

- realizarea unei capacități de transfer cât mai mari dintr-un set de puncte în altele sau pe anumite artere de circulație – **specified throughputs**
- reducerea timpului de deplasare – **diminishing the travelling times**
- creșterea siguranței participanților la trafic – **safety improvement**
- evitarea sau eliminarea congestionărilor – **avoiding and removing the traffic congestions**
- reducerea impactului negativ asupra mediului – **diminishing the environment negative impact**

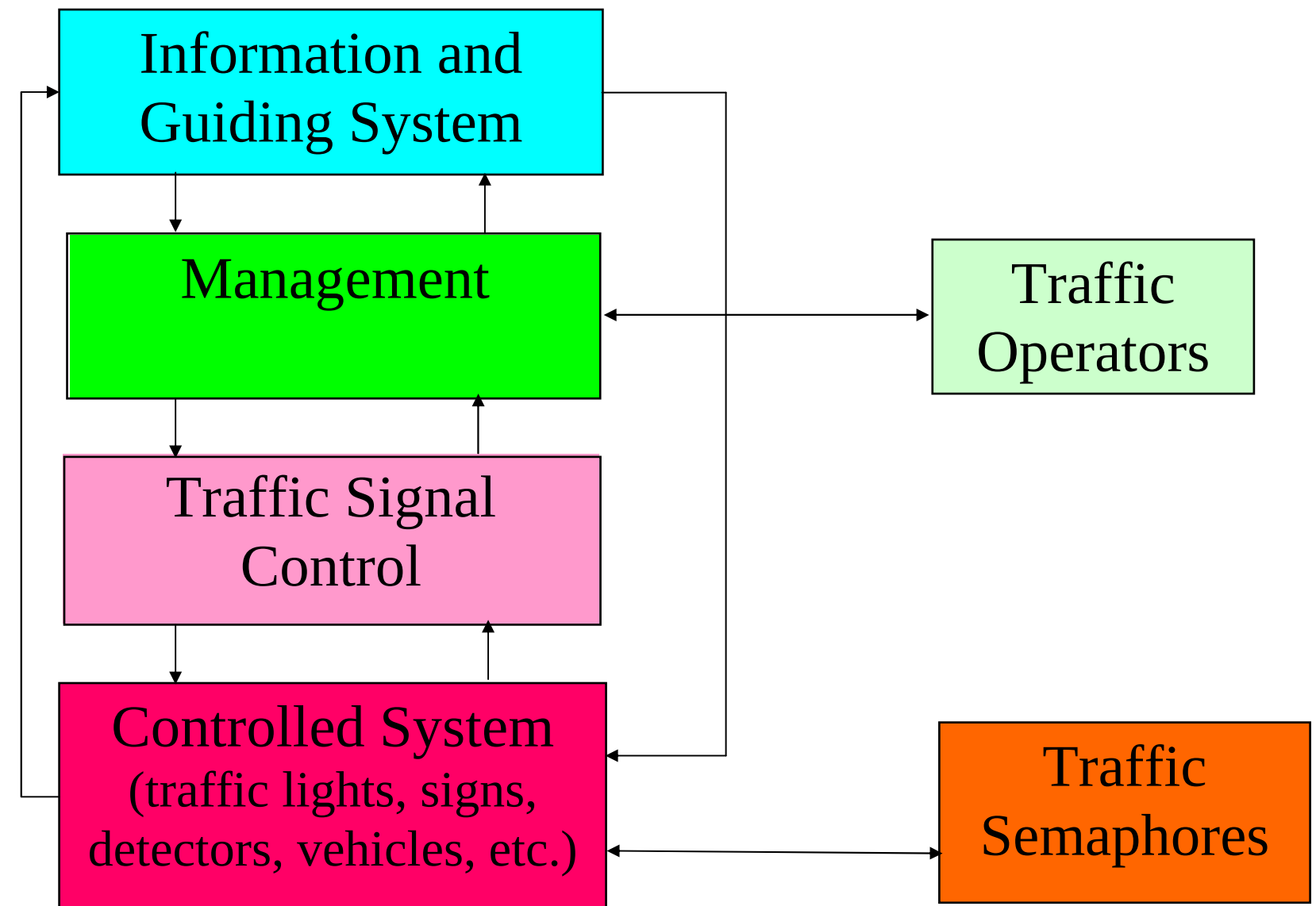
5. Arhitecturi ale sistemelor pentru controlul traficului vehiculelor - Architectures of vehicle traffic control systems

Structura generală a unui sistem de control



Control:

- Control static (prin semne de circulație fixe)
- Control dinamic
 - o Semafoare (traffic lights)
 - o Metode de avertizare (vizuale, radio etc.)
 - o intervenția operatorilor de trafic și a agenților (umani de trafic, de circulație) - operator recommendations .



Structura sistemului de control al
traficului vehiculelor

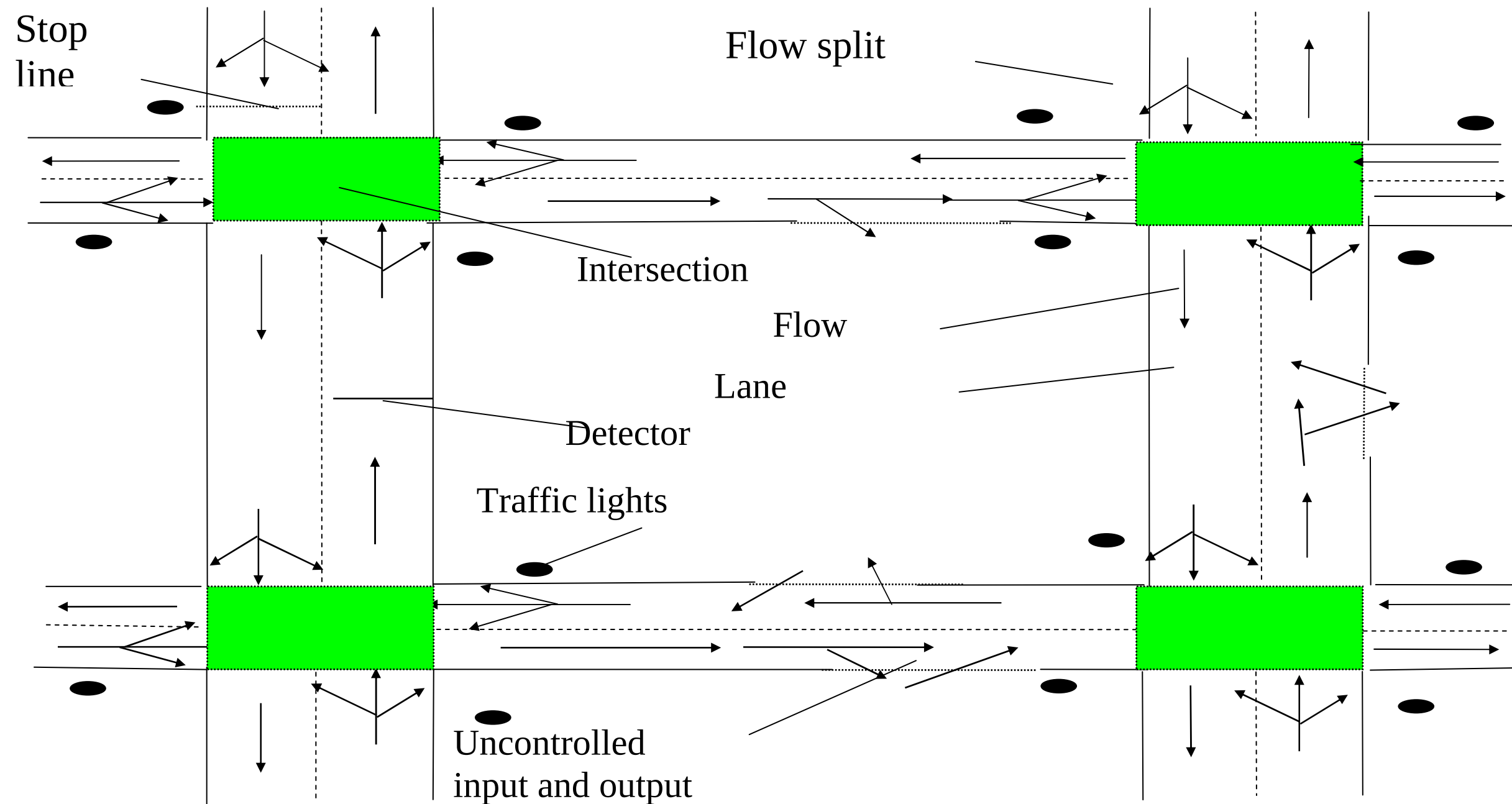
Controlul traficului:

- culegerea informațiilor referitoare la trafic și supravegherea traficului
- controlul semafoarelor
- predicția congestionărilor
- consultații referitor la cea mai bună rută de urmat
- ghidarea dinamică pe trasee
- estimarea timpilor de sosire la destinație etc.

Informațiile utilizate:

- informații locale culese de controlere prin intermediul detectorilor aflați în zona intersecției (intersecția efectivă plus benzile adiacente) pe care o controlează
- informații primite de un controler local de la controlerele atribuite intersecțiilor învecinate
- informații primite de la operatorii de trafic
- informații culese de la participanții la trafic în momentul în care solicită servicii de la sistemul de informare și ghidare
- informații primite de la personalul de întreținere

6. Congestionarea - Congestions



Intersection = switch

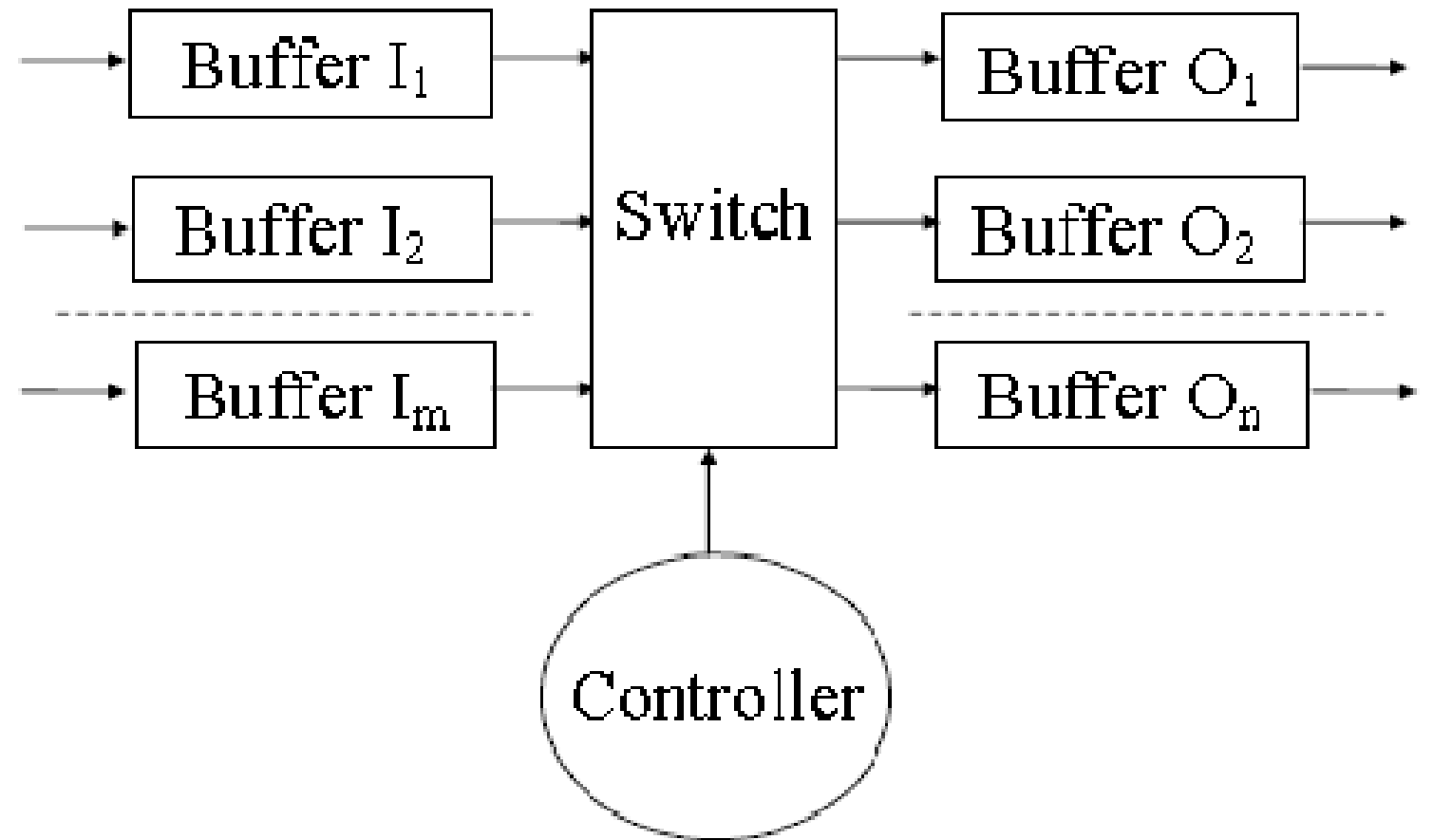
Fază=phase: o parte a timpului ciclului de semnale (cycle time) în timpul căreia un set de fluxuri are dreptul de a trece prin intersecție

$$T_{\text{cycle}} = T_r + T_y + T_{g1} + T_{g2} + \dots$$

T_r : roșu de degajare (clearance red duration)

T_y : galben de degajare (yellow duration)

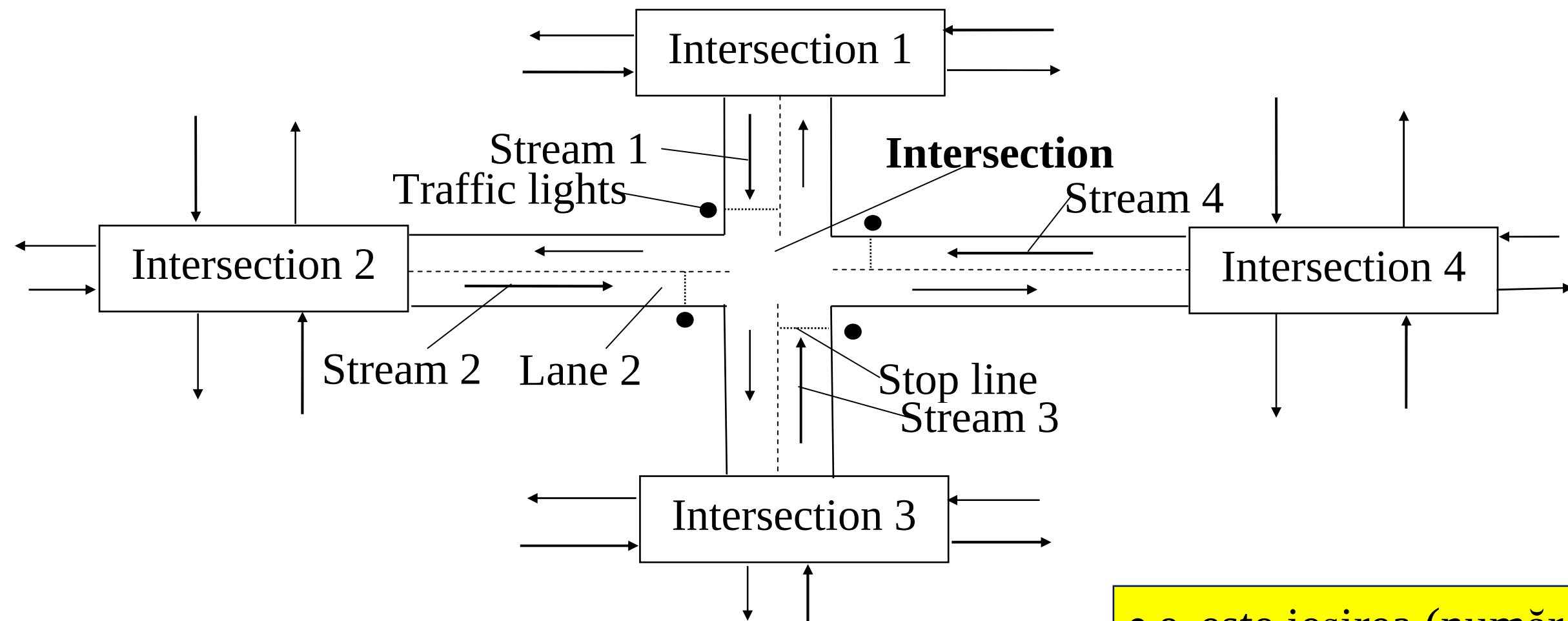
T_{gi} : durata fazei de verde - phase i green duration



The conceptual structure.

Intersecție: este compusă din una sau mai multe *apropieri*.

Approach = apropiere: poate fi compusă dintr-o singură bandă care se desparte în apropiere de linia de stop, dar se consideră că este formată dintr-o singură coadă de așteptare.



$$x(k+1) = x(k) + \sum u_i - \sum e_i$$

$$x(k) \leq \text{capacitatea benzii} \leftarrow \text{ALOCARE DE RESURSE}$$

$$e_i \leq c_i ;$$

c_i : capacitatea maximă de transfer a intersecției pentru bandă

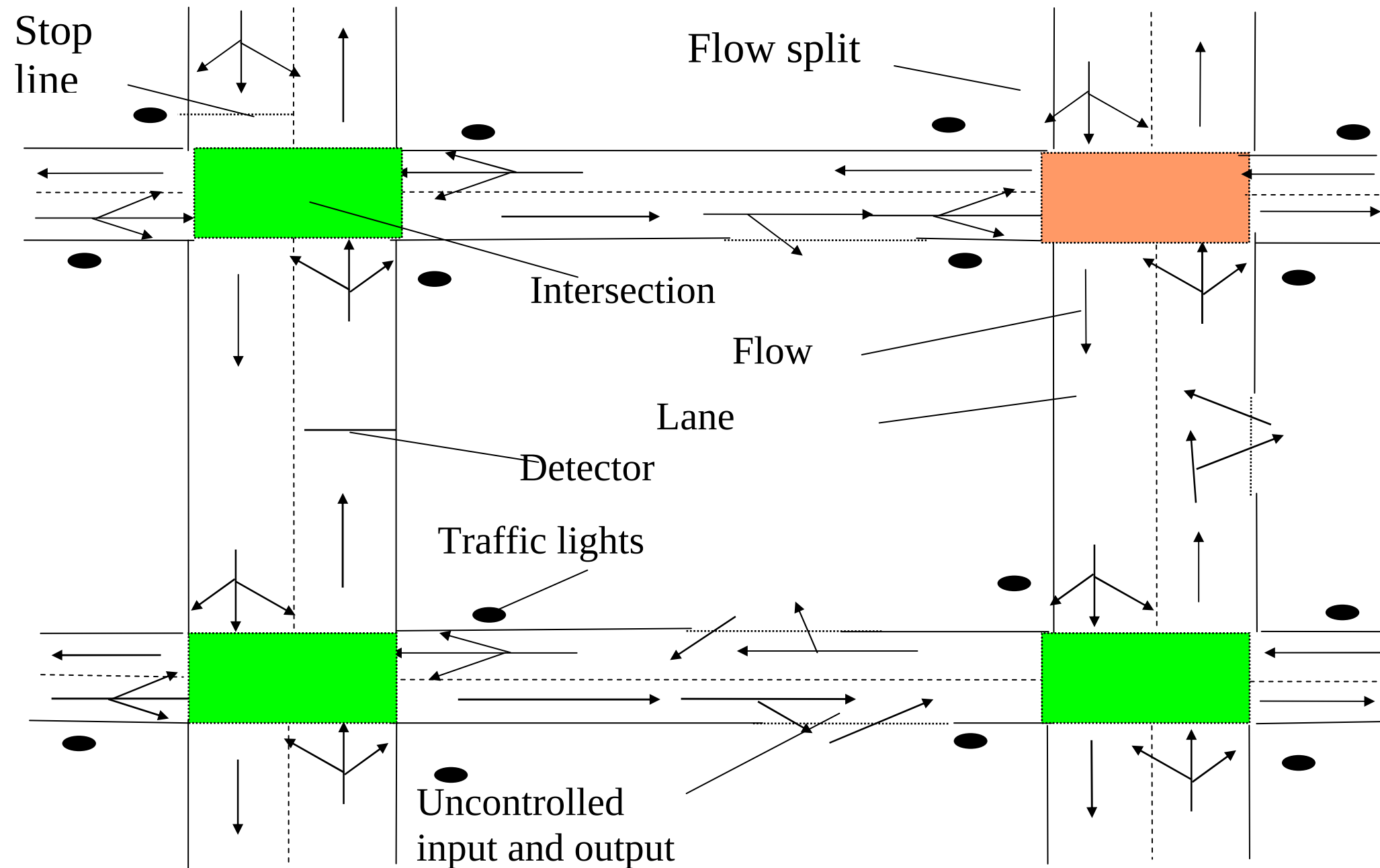
$$c_i = k \cdot d_i; \text{ și } T_{gi} = \delta + d_i;$$

k depinde de construcția intersecției

$$\sum T_{gi} \leq T_{\text{cycle}} - T_r + T_y \rightarrow c_i \text{ este limitat} \leftarrow \text{ALOCARE DE RESURSE}$$

- e_i este ieșirea (număr de vehicule/timp);
- d_i este durata efectivă de trecere pentru faza i ;
- δ : întârzierea de pornire;

Apariția congestiilor



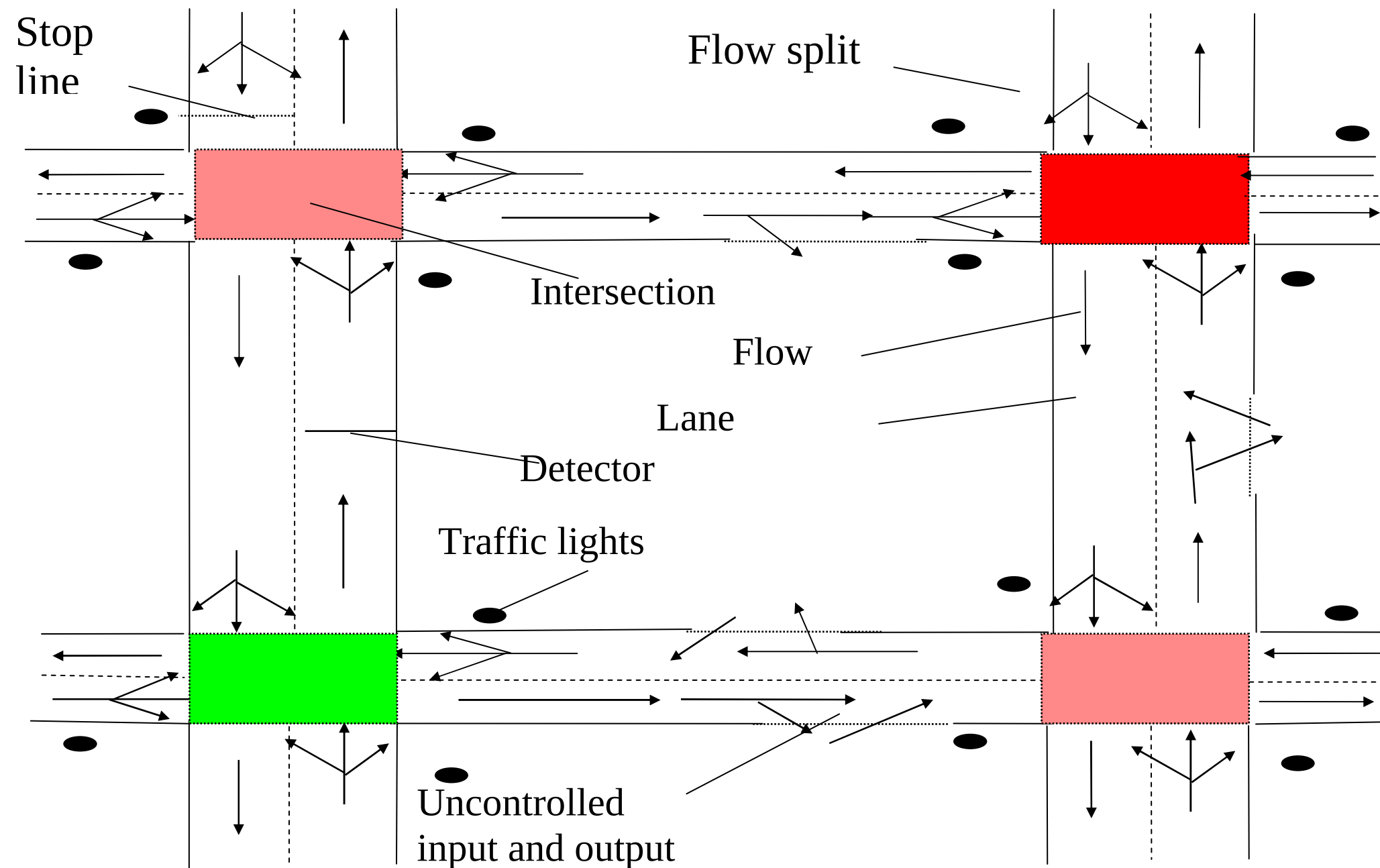
Simptomul congestionării: scăderea transferului prin intersecție.

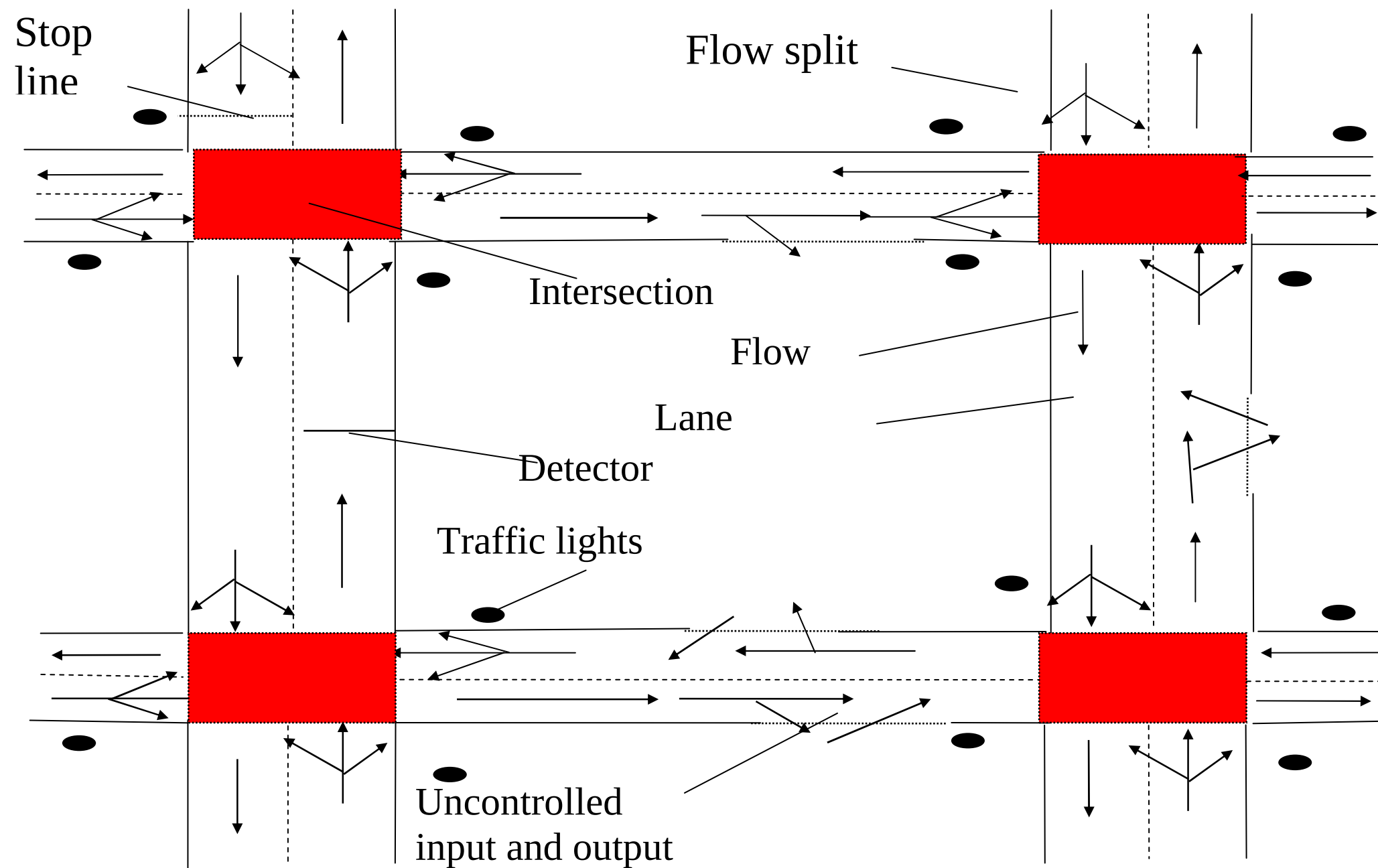
Reducerea transferului prin intersecție implică creșterea cozilor de așteptare peste capacitățile lor, care duce la scăderea capacităților de transfer a intersecțiilor vecine.

Dacă $x(k) \geq \text{capacitatea benzii} \rightarrow c_i$ este micșorat $\rightarrow$ congestionare

Gradul de congestionare depinde de numărul de mașini rămase în intersecție
Congestion degree

Apariția congestiilor





~ Interblocaj ! (deadlock, jamming) → Congestionarea se propagă în rețeaua de traffic urban.

7. Informațiile caracteristice traficului vehiculelor

Vehicle traffic characteristics

Flux (de mașini; *flow*) = **volum de trafic**: numărul de mașini care trec peste un anumit loc într-o perioadă dată de timp $[kT, (k+1)T]$ divizat la T .

Se măsoară în *[veh./h]*.

Densitatea traficului (*traffic density*): numărul de vehicule cuprinse pe un segment de drum de lungime Δ la timpul kT divizat la Δ .

Densitatea de vehicule pe o suprafață (ex. Zona centrală a ...).

Ocuparea (*occupancy*) raportul dintre timpul de ocupare a unui loc de pe o bandă și o perioadă dată de timp. Se măsoară în procente (%).

Viteza medie (*average speed*) a vehiculelor la momentul kT **pentru toate vehiculele** cuprinse pe un segment de drum ($[Km/h]$).

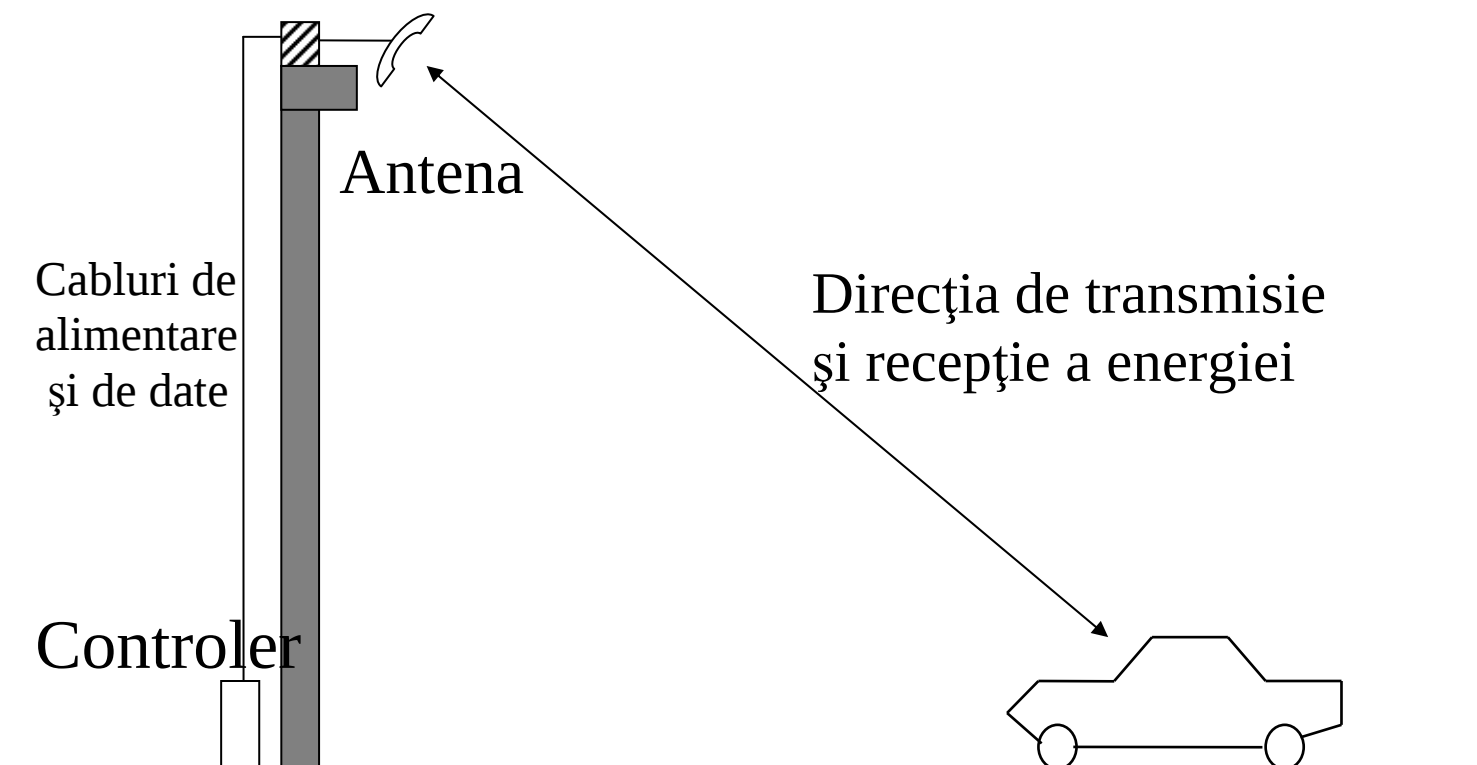
Lungimea cozilor de așteptare (*queue length*) de pe o bandă ($[nr. vehicule]$ sau $[Km]$, $[m]$)

Pe baza acestor informații se *pot deduce*:

- *raporturile de separare* (**flowsplit**) a fluxurilor de vehicule între benzile unei intersecții
- *tendențele traficului* referitoare la volum sau viteză medie într-o anumită zonă – **traffic trends**
- *intrările și ieșirile din sistem* – **system inputs and outputs (no. of vehicles /period)**
- *solicitarea sistemului la orele de vârf* – **pick hour traffic** (no. of vehicles/period)
- *capacitatea de transfer* a unei intersecții, artere sau zone – **transfer capacity = throughput [veh./h]**
- *incidente* apărute pe anumite benzi sau artere
- *congestionările* unei intersecții, artere sau zone

8. Dispozitive de detecție Detection devices (sensors)

1) *Detectorii radar cu microunde* – radar detectors



a) 10 GHz și 24 GHz

- cel puțin 5 Km/oră

b) undă modulată continuu în frecvență, care își modifică frecvența transmisă în timp

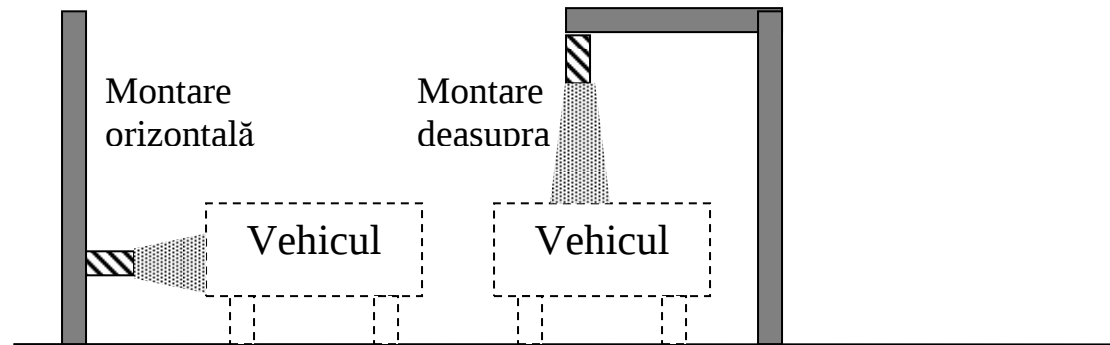
2) *Detectorii cu unde infraroșii*– infrared passive and active detectors

- detectori *pasivi* și
- detectori *activi*.

4-20 m deasupra căii de rulare

3) *Detectorii ultrasonici*

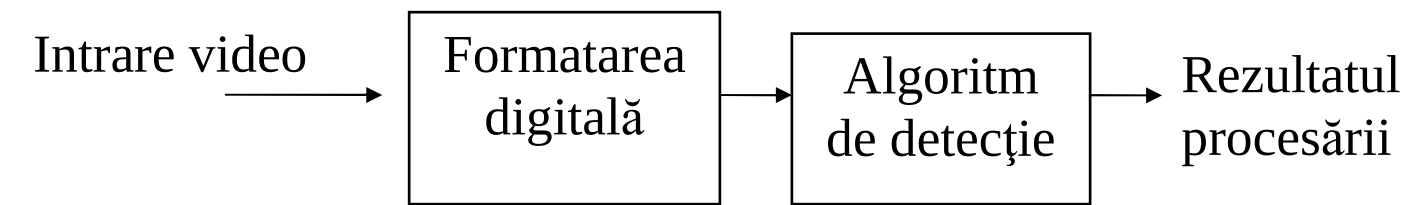
transmit semnale sonore în frecvențele 20KHz – 65KHz.



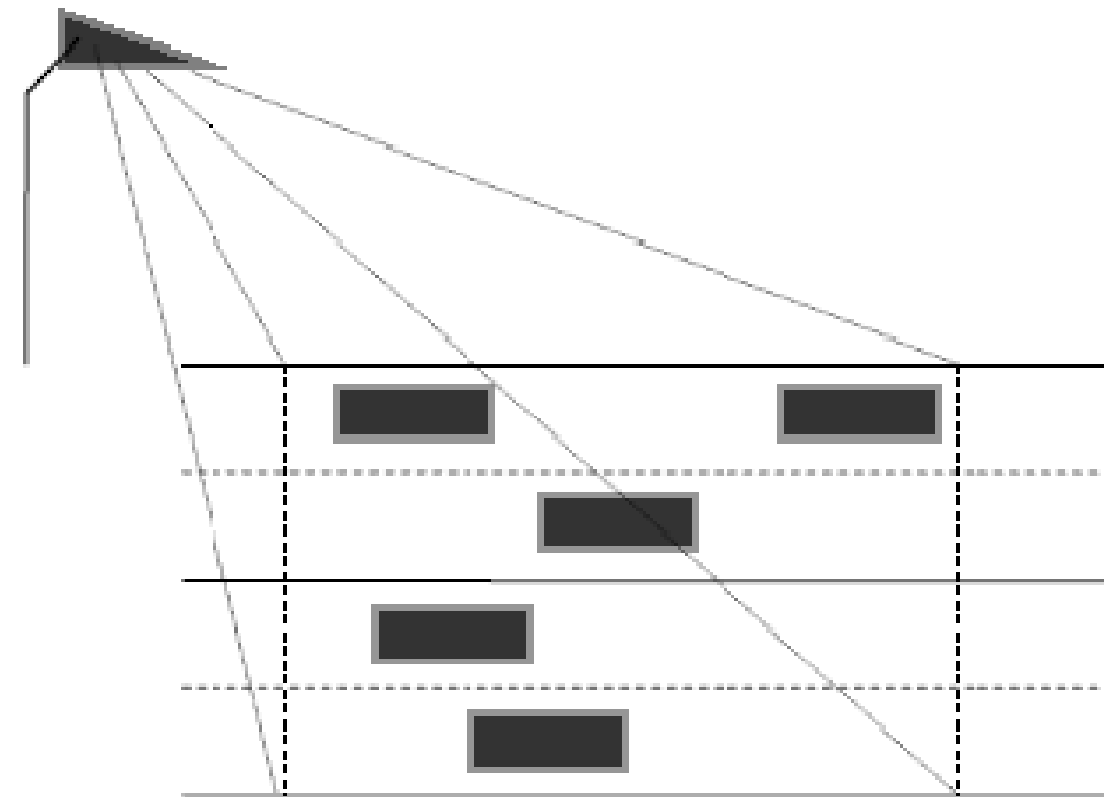
4) *Detectorii acustici pasivi*

Raza de detecție a acestor tipuri de detectori se încadrează între 6 și 10 metri.

5) *Detectorii bazați pe imagini video*

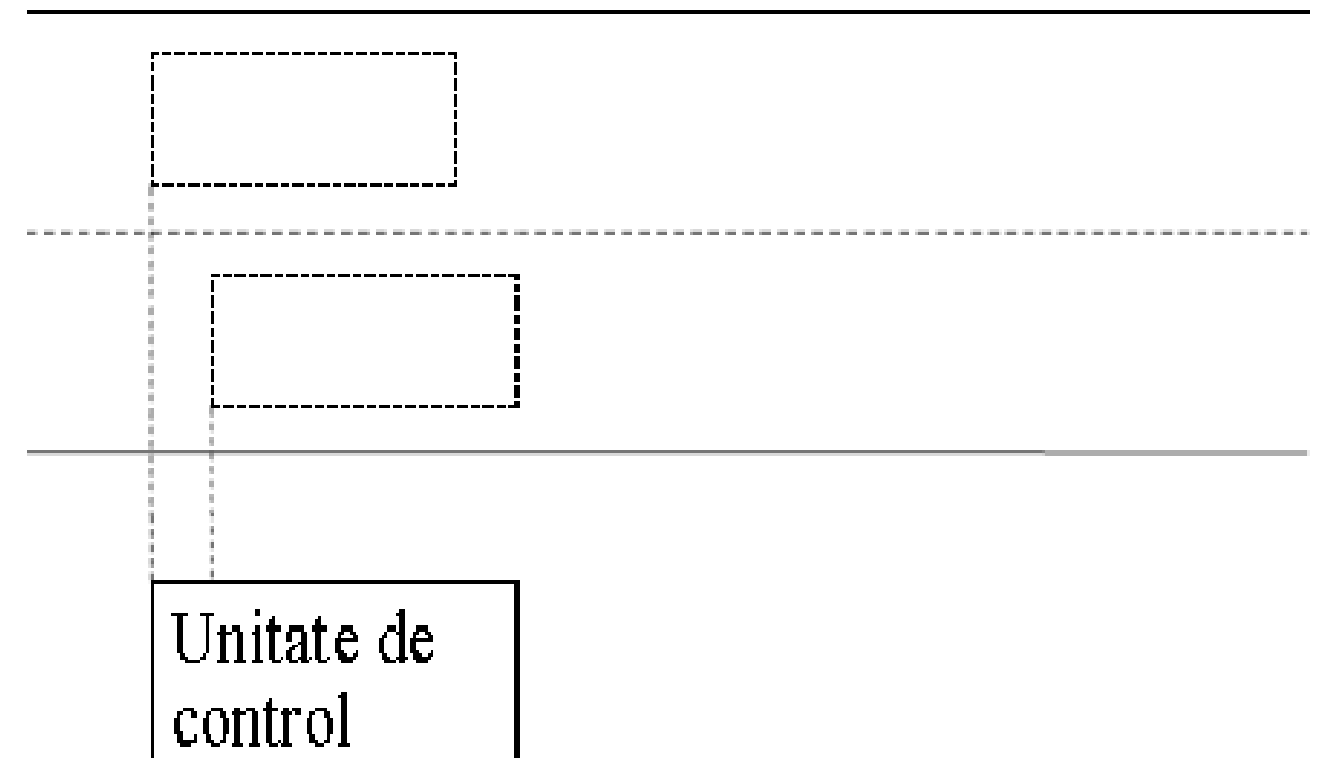


- analizează imagini transmise cu o frecvență maximă de 30 de cadre pe secundă
- maxim 8 benzi de deplasare
- maxim 100 m,



6) *Detectorii cu bucle inductive – inductive loop detectors*

- bucle dreptunghiulare de 1,8 m x 1,8 m,
- bucle rectangulare lungi de la 1,8 m x 12 m până la 1,8 m x 21 m



7) *Detectorii piezo-electrici*

8) *Tuburile pneumatice*

9) *Detectori magnetici*

10) *Detecția vehiculelor prioritare*

Tehnologie de detecție	Avantaje	Dezavantaje
Detectori ultrasonici	• au dimensiuni reduse, ușor de instalat	• sunt sensibili la variații mari de temperatură și turbulențe de aer
Radar cu microunde	• se pretează pentru vreme nefavorabilă • pot detecta viteza de deplasare	• nu pot detecta vehicule staționare, sau care se deplasează cu viteza foarte mică
Microunde pentru detecția prezenței	• se pretează pentru vreme nefavorabilă • detectează vehiculele staționare	
Detectori pasivi cu unde infraroșii	• au distanță mare de acțiune și pot fi utilizați pe ceață	• performanțele lor pot fi afectate de ploaie sau ninsoare puternică
Detectori activi cu unde infraroșii	• au distanță mare de acțiune și pot fi utilizați pe ceață • pot măsura direct viteza vehiculelor	• performanțele lor sunt afectate de vremea nefavorabilă
Detectori acustici pasivi	• nu sunt afectați de vremea nefavorabilă • pot identifica tipul vehiculului după amprenta audio •	• performanțele lor sunt afectate de poluarea sonoră

Procesare de imagini video	• o singură cameră poate supraveghea mai multe benzi de deplasare • furnizează număr mare de parametri de trafic • pot fi folosiți și la detecția incidentelor din trafic	• performanțele lor sunt afectate de vremea nefavorabilă • vehiculele de dimensiuni mari pot obtura vizibilitatea vehiculelor mici • umbrele și reflecțiile generate de carosabilul ud pot genera semnale false
Detectori cu bucle inductive	• nu sunt afectați de condițiile de vreme • se comportă bine în condiții de trafic aglomerat • sunt foarte preciși	• sunt incapabili de detectarea (precisă) vitezei cu o singură buclă • necesită operații asupra căii de rulare la instalare • scade timpul de viață al învelișului asfaltic
Detectori cu tuburi pneumatice	• nu sunt afectați de vremea nefavorabilă • au costuri reduse	• pot fi ușor distruși de roțile vehiculelor • nu se pretează la trafic intens
Detectori magnetometrici	• nu sunt afectate de vreme nefavorabilă • pot detecta vehicule de dimensiuni mici (ex. biciclete)	• necesită pentru instalare operații asupra căii de rulare

9. Modelarea și identificarea sistemelor de trafic a vehiculelor –

Modeling and identification of vehicle traffic systems

- Modelarea independentă a vehiculelor → model microscopic
- Modelarea flow-ului
- Modelarea rețelei de trafic (a flow-urilor) → model macroscopic
- Model intrare-stare-ieșire UVT

Modelul flow-urilor - Flow model

Ecuația de stare (**balance equation**) pentru flow-urile din figura 2 este:

$$u_{i,1} + u_{i,2} + u_{i,3} + u_{i,4} = e_{i,1} + e_{i,2} + e_{i,3} + e_{i,4}$$

Rata de vehicule y_i (vehicule/oră) care se deplasează pe banda i este:

$$y_i = u_{i,1} + u_{i,2} + u_{i,3} + u_{i,4} - e_{i,4} \text{ sau}$$
$$y_i = u_{i,1} + u_{i,2} + u_{i,3} + v_i$$

unde valoarea $v_i = u_{i,4} - e_{i,4}$ (reprezintă perturbație) este de obicei nemăsurată.

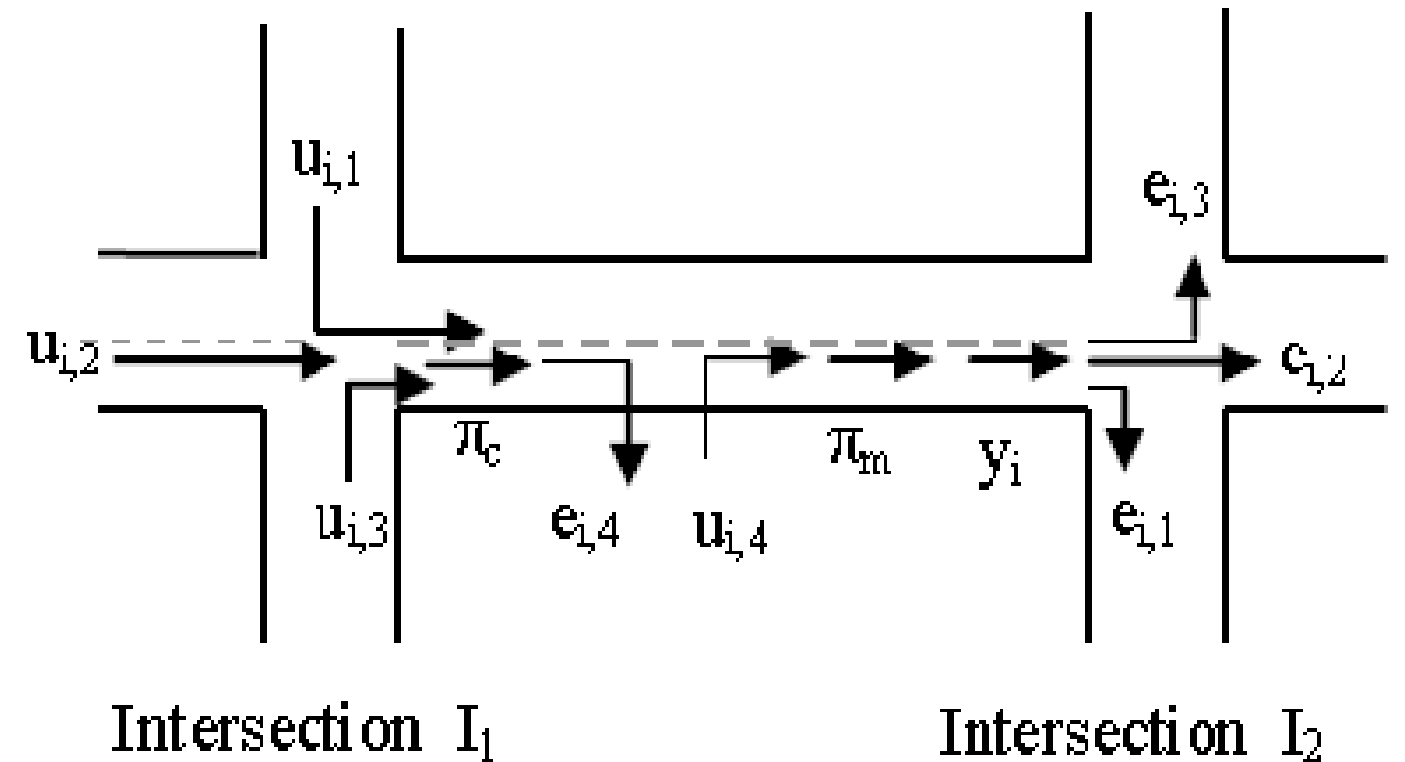


Fig. 2. The vehicle traffic flows between two intersections.

Modelul intrări/stări/ieșiri - Input/state/output model

Atunci când se formează cozi, o ecuație de tip intrare/stare/ieșire descrie mai bine comportamentul traficului:

$$x_i(k+1) = x_i(k) + u_{i,1}(k) + u_{i,2}(k) + u_{i,3}(k) + v_j(k) - e_{i,1}(k) - e_{i,2}(k) - e_{i,3}(k)$$

$$e_i(k) = f(x_i(k), \delta, g_i(k), \rho)$$

$$[e_{i,1}, e_{i,2}, e_{i,3}]^T = [s_{i,1}(k), s_{i,2}(k), s_{i,3}(k)]^T \cdot y_i(k)$$

unde f este o funcție neliniară având ca parametri:

$x_i(k)$ – lungimea cozii (nr. de vehicule),

δ – întârzierea de pornire a mașinilor (schimbarea fazei este inclusă în perioada curentă de eșantionare)

$g_i(k)$ – timpul de verde în perioada curentă de eșantionare

$s_{i,j}$ – împărțirea flow-ului i (flow split i)

ρ – un factor ce reprezintă gradul de congestie a intersecției

10. Metode pentru controlul traficului

Control methods for vehicle traffic

Controlul traficului urban al vehiculelor:

- controlul intersecțiilor
- controlul arterelor
- controlul rețelelor de drumuri și străzi

Controlul (traficului urban):

- independent al intersecțiilor
- controlul coordonat al intersecțiilor
- controlul supervizat al intersecțiilor

Controlul independent al intersecțiilor

Abordarea controlului traficului urban al vehiculelor:

- controlul pe baza evenimentelor discrete
- controlul fluxurilor
- controlul utilizării resurselor

*

*****Sfarsit*****

*