

# STUDIU PRIVIND METODE OPTIME DE DETECȚIE A VEHICULELOR ÎN BUCUREȘTI

Ș.I. dr. ing. Maria Claudia SURUGIU, As. drd. ing. Iona Mădălina MOISE,  
As. drd. ing. Elena Alina STANCIU

Universitatea „Politehnica“, București

**REZUMAT.** Dezvoltarea sistemelor inteligente de transport (ITS) necesită informații în timp real și de înaltă calitate despre trafic. ITS este un sistem inovativ de transport ce poate să asigure un mediu de transport sigur și ieftin dar în același timp eficient prin conectarea sistemelor electronice, de comunicații și de control la sistemele de transport existente cum sunt transportul rutier, feroviar, aerian, fluvial și maritim. De-a lungul ultimilor ani, sub presiunea tot mai mare pentru îmbunătățirea managementului traficului, metodele de colectare a datelor despre trafic au evoluat considerabil și accesul la aceste informații în timp real a devenit rutină în întreaga lume. Utilizarea senzorilor tradiționali „pe drum” (de exemplu, bucle inductive) pentru colectarea de date este necesară, dar nu suficientă, datorită acoperirii lor limitate și costurilor ridicate de implementare și întreținere.

**Cuvinte cheie:** detectoare de trafic, sisteme inteligente de transport.

**ABSTRACT.** The development of intelligent transport systems (ITS) requires real-time and high quality information regarding the traffic. ITS is an innovative transport system that can ensure a safe, cheap and in the same time efficient transport medium through the connection of the electronic, communication and control systems to the already existing transportation systems, such as the road, rail, air, fluvial and sea. Over the recent years, under the increasing pressure for the improvement of the traffic management, the traffic data collection methods have evolved substantially and the real-time access to this information has become a routine habit all around the world. The usage of traditional “on road” sensors (Inductive loops, for example) for the data gathering is necessary, but not sufficient, because of their limited coverage and high implementation and maintenance costs.

**Keywords:** traffic detectors, intelligent transport systems.

## 1. INTRODUCERE

Pe plan internațional a fost dezvoltat în ultimii 20 de ani domeniul Intelligent Transport Systems (ITS), care reprezintă o componentă a infrastructurii transporturilor, constituind în etapa actuală principalul vector de dezvoltare al transporturilor. ITS este un sistem inovativ de transport ce poate să asigure un mediu de transport sigur și ieftin dar în același timp eficient prin conectarea sistemelor electronice, de comunicații și de control la sistemele de transport existente cum sunt transportul rutier, feroviar, aerian, fluvial și maritim.

## 2. DETECTOARE DE VEHICULE- STUDIU COMPARATIV

### 2.1 Detectoare cu bucle inductive

De la introducerea lor din anii '60 buclele inductive au devenit cele mai populare detectoare de vehicule. Componentele principale ale unui sistem detector cu

bucă inductivă includ unul sau mai multe fire izolate îngropate într-un lăcaș puțin adânc săpat în pavaj, un cablu conductor de la cutia buclei până la lăcașul controllerului și o unitate de detector electronic așezat în cabina controllerului. Unitatea de detector electronic conduce energia prin sistemul buclei la o frecvență situată într-un interval cuprins între 10 kHz până la 200 kHz. Sistemul buclei inductive formează un circuit electric în care sârma buclei este elementul inductiv. Când un vehicul este oprit pe buclă sau trece peste buclă, scade inductanța buclei. Această scădere a inductanței actualizează rezultatul detectorului electronic și transmite noua valoare la unitatea controllerului, semnalizând trecerea sau prezența unui vehicul. În ultimele două decenii detectoarele cu bucle inductive au devenit cele mai răspândite detectoare de trafic. Datele furnizate de o buclă inductivă sunt: trecerea vehiculelor, prezența acestora, numărarea vehiculelor și gradul de ocupare al benzii. De asemenea cu ajutorul sistemului detector cu buclă inductivă se pot detecta incidentele și congestionările de trafic cât și aproximările vitezei vehiculelor.

Pentru determinarea unor incidente care să reiasă din datele transmise, bucla este de obicei legată la un centru

de management al transportului pentru o analiză computerizată.

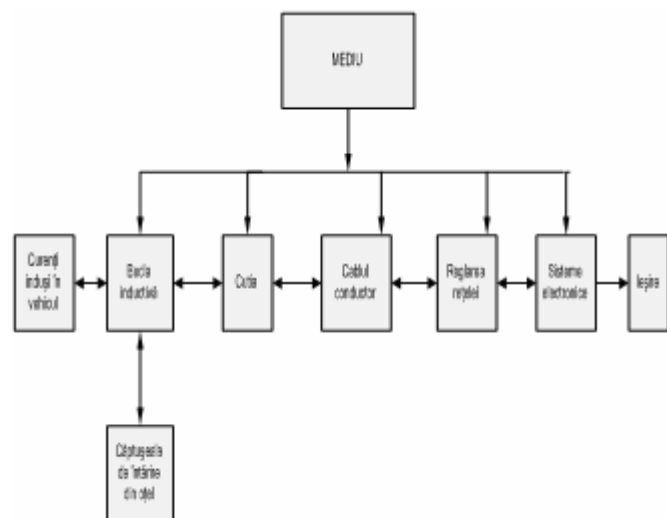


Fig. 1. Modelul sistemului cu buclă inductivă.

AID (Automatic Incident Detection) este un procedeu automat care urmează un algoritm cu scopul de a elimina efectele ce succed evenimentului.

Beneficiile folosirii sistemului cu bucla inductiva sunt:

- atâta timp cat sunt corespunzător instalate și întreținute ILD (Inductive Loop Detector) continuă să fie cele mai bune detectoare indiferent de vreme și de semaforizarea intersecției dintre multe aplicații;
- sunt cele mai sigure numărătoare de trafic;
- se comportă bine atât în cazul unui flux de trafic ridicat cât și în cazul unui flux scăzut de trafic în orice condiții de vreme;

Dezavantajele ar fi următoarele:

– ILD poate furniza informații eronate din cauza instalării proaste, conectarea greșită a cablurilor, îngropare neglijentă etc.;

– incapacitatea buclelor inductive de a măsura viteza.

Pentru a determina viteza sunt necesare două bucle sau un algoritm implicând lungimea buclei, lungimea medie a vehiculului, timpul petrecut pe detector și numărul de vehicule care a trecut peste detector, dacă se folosește o singură buclă;

– pot fi deteriorate din cauza fulgerelor.

Unul dintre cele mai importante elemente în determinarea folosirii unui detector este costul instalării și întreținerii acestuia, costul pe întreg ciclul de viață. Pentru o singură bandă în orașele mari costurile pot ajunge până la 1000\$-1500\$. ILD sunt relativ ieftine.

Dacă detectoarele nu sunt instalate în momentul în care se construiește strada instalarea necesită săpături în pavaj ceea ce ar putea destabiliza structura pavajului.

## 2.2 Detectorul cu magnetometru

Acest detector constă într-un mic senzor de mărimea unei conserve implantat în pavaj, un cablu conductor și un amplificator. A apărut ca o alternativă la detectorul cu buclă inductivă pentru cazurile speciale. Este un tip special de detector magnetic creat pentru a detecta prezența vehiculelor bazându-se pe observarea modificării câmpului magnetic al Pământului într-un anumit punct când diferite corpuri metalice sunt în apropierea senzorului, cum ar fi un vehicul. Magnetometrul este folosit în locurile unde este necesară detectarea prezenței vehiculului într-un anumit loc sau pe o anumită arie. Este de asemenea bun la numărarea vehiculelor.

Acest tip de detector este folosit de obicei pe podurile cu punte de oțel, unde tăierea pavajului pentru introducerea buclelor inductive nu este posibilă. Senzorul magnetometrului și cablul conductor tind să reziste mai mult pe drumuri care au tendința de fărâmițare. În plus necesită o tăietură în pavaj de dimensiuni mai mici. Atât magnetometrul cât și buclele inductive au aplicațiile lor specifice și tind să se completeze unul pe celălalt.

## 2.3 Detectorul cu energie proprie

În principiu acest sistem este alcătuit dintr-un senzor cilindric încorporat în drum ce conține un traductor, un transmițător cu antenă și o baterie. Senzorul încorporat în drum operează în principiu la fel ca senzorul magnetometru. El este alimentat cu o baterie internă și conexiunea sa la releu este o legătură prin radio. Receptorul de pe marginea drumului include un receptor FM disponibil în comerț și un decodor de sunet. Nu este nevoie de cabluri.

SPVD (Self-powered vehicle detector) poate să măsoare trecerea vehiculelor, prezența, numărul și gradul de ocupare. Măsurătorile de viteză sunt posibile folosind două astfel de detectoare setate la o distanță predeterminată. Aceste tipuri de detectoare rezolvă problema buclelor și a axei unice a magnetometrelor. Acestea utilizează o axă dublă a magnetometrului care nu numai că ia în considerare componenta verticală a câmpului magnetic terestru, ci utilizează și componenta orizontală magnetică pentru a elimina efectiv dubla numărare a vehiculelor. De asemenea include un convertor analog-digital de 14 biți și un microcalculator de 8 biți pentru auto-calibrare, pentru a se acomoda cu schimbările sezoniere de temperatura. Aceasta elimină necesitatea de a veni un tehnician să calibreze detectorul. Detectorul cu energie proprie folosește energia unei baterii alcaline care furnizează energie timp de aproximativ 4-5 ani.

Detectorul cu energie proprie este ușor de instalat în șosea ceea ce reduce timpul de închidere a benzii și costurile. Folosind o mașină de găurit cu un burghiu de 8 inch sau un ciocan pneumatic detectorul este îngropat la aproximativ 8 cm sub asfalt cu un inch (2,54 cm) de nisip peste el. Procedul acesta ferește unitatea de avarie, când șoseaua este măcinată și reînnoită îmbrăcăminte rutieră. Greutatea și crăpăturile pavajului nu au nici un efect asupra operabilității detectorului. Timpul de instalare al unui detector de acest tip este de aproximativ 30 - 45 de minute, astfel nefiind probleme cu congestia și neprovocând inconveniente participanților la trafic. Receptorul furnizează rezultate opto - izolate controllerelor de trafic pentru a indica prezența sau detectarea de puls, precum și bateria slabă și indicația de eșec.

**Aplicații SPVD:**

- *Detecția vehiculelor care merg pe contrasens.* Fluxul de trafic normal va activa unitatea SPVD A și apoi unitatea B. Dacă această secvență a fost inversă, receptorul va da un rezultat care să activeze licărirea unui semnal luminos care să avertizeze faptul că se circulă pe contra-sens. Acest sistem poate fi folosit pe poduri, străzi cu sens unic, autostrăzi etc.

- *Detecție avansată (prevenire).* SPVD este ideal pentru a fi folosit la câteva sute de metri de la linia de stop ca și detector avansat de trafic. Folosindu-l în această aplicație se va salva timp și bani.

- *Detecția la trecerile de nivel de cale ferată.* Unele treceri de nivel de cale ferată sunt foarte apropiate de intersecțiile rutiere, uneori la numai câțiva metri. Este foarte dificil pentru autobuzele de elevi sau pentru camioane să oprească la linia de stop pentru a fi detectate, în timp ce o parte a vehiculului ar fi pe șine. Buclele nu pot fi folosite să detecteze camionul în partea îndepărtată, spre șine, deoarece trepidațiile trenului ar putea rupe bucla și terasamentul nu ar fi adecvat pentru instalarea unei bucle și astfel autobuzul nu ar putea fi detectat la intersecție. SPVD poate transmite și peste șine, astfel autobuzul fiind detectat în siguranță la intersecție.

- *Detecția temporară în timpul unei construcții.* În timpul construcției de drumuri, când drumul a fost măcinat și buclele împreună cu el, intersecțiile sunt adesea fără orice sistem de detecție a vehiculelor. SPVD se poate instala pe timpul construcție pentru a asigura detecția. Când este reînnoită îmbrăcăminte asfaltică SPVD poate să rămână să servească ca dispozitiv principal de detecție sau poate fi înlăturat și folosit la alte eventuale lucrări de reconstrucție.

- *Detecția la intersecții.* SPVD poate fi folosit pentru detectarea vehiculelor la bara de oprire sau în benzile de redirecționare către stânga, la o intersecție.

SPVD poate să detecteze atât prezența cât și detectarea de puls pentru gradul de ocupare sau numărare.

- *Arii cu detecție dificilă.* SPVD poate fi instalat în multe locuri unde buclele nu pot fi instalate. Asta include străzi murdare, pietruite, pavate cu bolovani de pavaj și pentru detectare pe poduri. SPVD poate fi montat sub un pod și măbind sensibilitatea și autoreglarea poate detecta vehiculele de pe pod prin placa astfaltică a podului.

- *Detecția în intersecții lăturalnice cu semafoare cu timer.* În orașele mari unde semafoarele sunt planificate se irosește timp pe străzile lăturalnice unde puținele mașini încearcă să intre în intersecție. Schimbarea situației necesită săpături sub învelișul asfaltic, borduri și trotuare pentru a se adapta la operațiile de trafic inteligent din intersecție. Instalând SPVD este de departe mai eficient și mai ușor decât instalarea buclelor inductive.

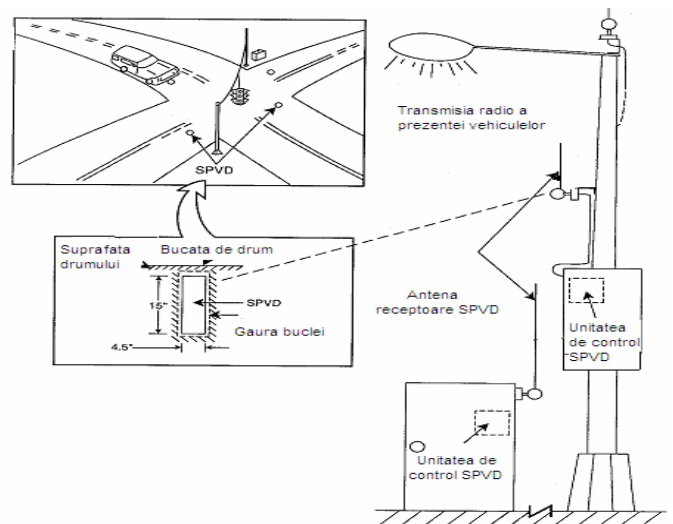


Fig. 2. Sistemul SPVD.

**2.4 Microunde/detecția cu radar**

Energia microundelor este transmisă printr-un fascicul către o suprafață a drumului de la o antenă montată pe un pilon. Când vehiculul trece prin fascicul, energia este reflectată către antenă la o frecvență diferită. Detectorul simte schimbarea de frecvență, ceea ce denotă faptul că a trecut un vehicul. Frecvența operațională a semnalului este în mod normal în banda K (24 GHz) sau X (10GHz). Antena este orientată către trafic creând un efect doppler la semnalul reflectat, de aceea vehiculul trebuie să circule cu minim 5 km/h ca să fie detectat. Radarele sunt comercializate de o lungă perioadă de timp. Cu toate acestea aplicațiile lor au fost limitate la cazuri speciale deoarece erau relativ greu de întreținut, erau vulnerabile la vandalism și cel mai important puteau fi folosite doar pentru detecția prezenței, a trecerii

vehiculelor prin dreptul lor, doar cele în mișcare. Noile dezvoltări la detectoarele cu radar au corectat multe din vechile probleme iar acum acestea pot detecta prezența. Un alt tip de detector cu microunde se montează lângă semafoarele suspendate și o singură unitate este capabilă să acopere mai multe benzi. În orice caz detectoarele cu microunde sau cu radar sunt limitate și sunt folosite mai ales pentru a semnaliza apropierea unui vehicul de intersecție. Sunt bineînțeles cunoscute calitățile sale pentru determinarea vitezei.

## 2.5. Detectoarele ultrasonice

Detectoarele ultrasonice au fost inițial descoperite în anii '50. Foarte multe agenții le-au folosit dar apoi au renunțat din cauza problemelor care interveneau în utilizare. Aceste detectoare folosesc aproximativ aceeași tehnologie ca cele radar. La fel, transmite un fascicul de energie într-o zonă ca apoi acesta să fie reflectat. Detectorul ultrasonic transmite energie sub formă de pulsuri ultrasonice de energie (20-50kHz-sunet pe care urechea umană nu îl detectează, 20-25 ori pe secundă) printr-un traductor. Traductorul este montat peste drum în timp ce receptorul este montat într-o altă încăpere sau la un loc cu controllerul.

## 2.6. Detectoare cu infraroșu

Detectoarele cu infraroșu sunt foarte mult folosite în Anglia pentru traversările pietonale cât și pentru controlul semnalului. În San Francisco sunt utilizate pe podul Bay Bridge și sunt montate la interval de 18 m deasupra punții podului. Ele detectează prezența vehiculelor pe cele 5 benzi astfel determinând gradul de ocupare a podului. Dezavantajele detectoarelor cu infraroșu sunt că schimbările de lumină sau de vreme afectează fasciculul infraroșu. Deci este sensibil la apă și lumină având constrângeri de mediu. De aceea a fost pusă în discuție eficiența în caz de flux ridicat și în plus nu înregistrează nici numărul de vehicule. Dispozitivul trimite un flux infraroșu pe suprafața pe care o monitorizează și în momentul în care apar vehicule raza infraroșu este reflectată și focusată de un sistem optic într-o matrice senzorială. Un detector activ infraroșu apărut ulterior este capabil să detecteze apropierea de intersecție (cu 20,30 m față de linia de stop) cât și prezența la semafor, contorizează vehiculele, măsoară viteza și oferă informații despre coada formată. Lungimea cozilor acumulate se poate detecta, monitoriza și procesa în cazul sistemelor care au detectoarele amplasate în amonte. Acest lucru este posibil, deoarece detectorul se află amplasat în spatele

cozii de vehicule. Aceste unități sunt montate undeva la 4.5m până la 9m. Pot fi montate mai multe unități fără a apărea interferențe între ele și astfel exactitatea informației crește. Un dispozitiv pasiv de infraroșu poate determina numai vehiculele în mișcare pe o rază de 91 m de unde este amplasat. Distanța poate fi reglată prin focalizare. Pentru a elimina detecția de pe mai multe benzi la distanțe mai mari de 30 m opțiunea pentru benzi lungi este recomandată. Pentru detecție în apropiere este indicată focusarea pe lungimi medii și scurte.

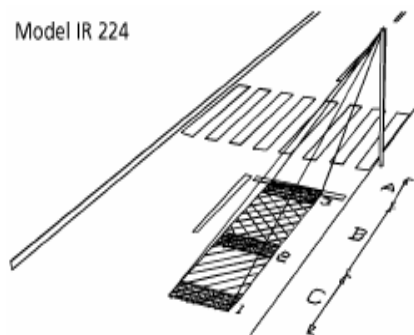


Fig. 3. Detector cu IR.

## 3. STUDIU COMPARATIV

### 3.1 Condiții specifice pentru București

În București o provocare substanțială pentru detectoarele de trafic este datorată existenței mai multor parametri. Cel mai semnificativ este se pare cel al condițiilor inadecvate ale îmbrăcămintei asfaltice, care, în unele părți ale capitalei lipsește cu desăvârșire. Nu sunt de neglijat însă nici temperaturile foarte scăzute în unele ierni sau foarte ridicate în unele veri cât și tendința unor conducători auto de a circula către semafor pe porțiuni de drum ce nu se încadrează în benzile de circulație.

De aceea, buclele electromagnetice nu par cele mai indicate detectoare de trafic pentru București. Evident se pot găsi alternative în funcție de situație cum la fel de bine se pot folosi chiar ILD pe unele artere unde îmbrăcămintea asfaltică este în stare bună. Cum spuneam însă la început, modul de abordare este specific fiecărei țări ținând cont de:

- starea economiei;
- nivelul tehnologic;
- cerințele de transport;
- cultură;
- mentalități.

Dacă se realizează o analiză rapidă se observă că starea economiei nu ne permite implementarea unor

sisteme de detecție costisitoare, cerințele de transport nu se compară totuși cu marile metropole, iar din cauza mentalității nu putem folosi de exemplu un detector cu infraroșu pentru că există riscul de a fi furat.

În continuare vom încerca să prezentăm cum ar arăta de exemplu intersecția dintre Bld. Iuliu Maniu cu Bld. Vasile Milea dacă ar avea implementate detectoare bazate pe bucle inductive. Buclele vor fi montate câte două, la intrare, respectiv la ieșire din intersecție. S-a decis montarea unor benzi ieșite în relief la aproximativ 20 m de buclele inductive, care să împiedice trecerea de pe o bandă pe alta deoarece în București nu se ține cont de banda de mers mergându-se de multe ori neregulamentar ceea ce ar influența detecția corectă a vehiculelor. Pentru detectarea tramvaiului vor fi montate bucle în formă de 8 pentru a reduce efectele electromagnetice. Marele avantaj al buclelor inductive este că inginerul poate proiecta o buclă în funcție de datele de pe teren, în funcție de interferențele care apar, având un interval destul de mare al inductanței între 50 și 700  $\mu$ H. Se va urmări acordarea unei verzi a tramvaiului.

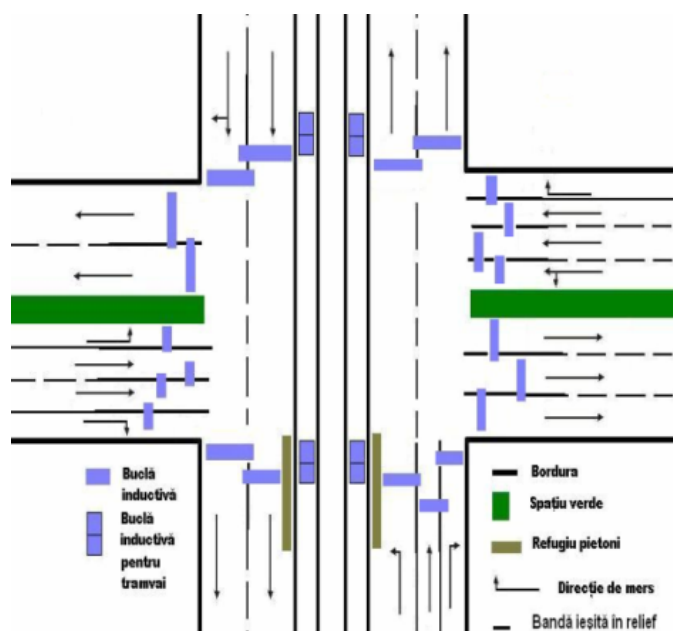


Fig. 4. Intersecția Bd. Vasile Milea cu Bd. Iuliu Maniu.

Cadrul tubular prin care trece cablul buclei în formă de 8 trebuie fixat de antretoaze între șine. Componenta pasivă a cablului buclei trebuie să fie răsucită cu 8 răsuciri pe metru (de preferință 10 până la 15 răsuciri pe metru) de la buclă până la blocul amplificator buclă și protejat cu tub din poliester armat cu fibră de sticlă. Pentru a preveni mișcarea cablului buclei în cadrul

tubular, tuburile vor fi umplute cu spumă sintetică. Sistemul detector de buclă inductivă este compus din următoarele componente:

- cablul buclei îngropat în pavaj (senzorul);
- cablul conductor al bobinei;
- cablul conductor ce duce la cabina controllerului;
- cablul conductor ce duce la unitatea de detecție;
- unitatea de detecție.

#### 4. CONCLUZII

Se observă că primele două tipuri de detectoare, buclele inductive și magnetometrul, ar fi suficiente aproape în orice situație a unei metropole, însă apar incompatibilități în diferite situații de mediu înconjurător.

*Buclele inductive* rămân o bună alternativă pentru detectarea traficului însă devin inutile în orașe în care nu există o structură asfaltică riguroasă, în orașe cu vreme oscilantă (cald-frig) și în multe alte situații care apar în funcție de topologia fiecărui oraș.

*Magnetometrele* sunt, așa cum spuneam mai sus, o completare a buclelor inductive, însă pot apărea de exemplu contorizări duble ale vehiculelor deoarece identifică schimbarea câmpului magnetic pe verticală nu și pe orizontală.

Aparent *detectorul cu energie proprie (SPVD)* este cel mai bun detector pentru că rezolvă toate aceste probleme, de mediu înconjurător, de unde magnetice, de pavaj în stare deplorabilă etc. Nu trebuie totuși ignorată partea financiară, unde buclele inductive par a fi cele mai bune detectoare. SPVD rămân totuși cele mai bune detectoare în orașe cu structuri asfaltice diferite, cu vreme oscilantă și cu multe situații topologice speciale.

*Detectoarele cu infraroșu*, ultrasonice, microunde sunt cam din aceeași familie de detectoare și au de asemenea calitățile și defectele lor.

În concluzie detectoarele de trafic se instalează în funcție de disponibilitatea financiară, de geometria fiecărui oraș, de clima și de situațiile speciale care pot apărea precum poduri metalice, trafic intens etc.

#### BIBLOGRAFIE

- [1] Marius Minea, Florin Domnel Grafu, Maria Claudia Surugiu, *Sisteme inteligente de transport*, Ed. MatrixRom, Bucuresti, 2007.
- [2] Banciu Doina ș.a. *Sisteme inteligente de transport*, Ed. Tehnică, București, 2003.
- [3] Banciu Doina ș.a. *Inteligenta în transporturi*, Ed. Capital, București, 2005.