

## SISTEME DE SEMNALIZARE ȘI CONTROL AL TRAFICULUI RUTIER

### 1. Introducere

Mediul urban în care populația locuiește, activează, se instruieste, își întreține, dezvoltă sau reface capacitatea de acțiune, este limitat la dimensiunile spațiului urban care trebuie distribuit echitabil între toate formele de existență menționate, rezervându-se, totodată, și o cotă necesară satisfacerii cerințelor de comunicare și deplasare între diferitele arii care se constituie în spațiul rutier urban. Creșterea spectaculoasă a traficului rutier care însoțește dezvoltarea activităților urbane nu poate fi satisfăcută de o creștere corespunzătoare a spațiului rutier. Pentru aceasta, în toate mediile economice dezvoltate s-au încercat soluții de descongestionare, orientate pe două direcții:

- ameliorarea amenajării spațiului rutier pentru creșterea gradului de utilizare și de îmbunătățire a caracteristicilor și parametrilor ce favorizează creșterea traficului;
- îmbunătățirea indicilor de utilizare a spațiului concomitent cu îmbunătățirea parametrilor de desfășurare a traficului prin control și monitorizare.

Eficiența eforturilor de îmbunătățire în acest domeniu este condiționată de abordarea sistemică a elementelor ce compun un sistem de trafic rutier. Acestea sunt:

- a. Spațiul rutier care cuprinde în configurația sa, căi rutiere, noduri rutiere (intersecții), lucrări speciale (porturi, tunele, refugii, parcări, serpentine, pante etc), care pot facilita sau restricționa traficul rutier. La acestea se mai adaugă lucrările speciale de semnalizare și protecție, de iluminat etc.
- b. Participanții la trafic, care sunt:
  - vehicule, autovehicule (din care o categorie aparte o constituie transportul public)
  - pietoni și bicicliști.

Participanții la trafic au diferite caracteristici (viteze de parcurs, grade de ocupare a căilor rutiere precum și grade de securitate sau pericolozitate). De asemenea, participanții la trafic prezintă diferite priorități: grupurile de copii, bătrânii și invalizii, în cadrul categoriei pietoni, sau autovehicule oficiale sau de intervenție (salvare, pompieri, poliție), în cadrul categoriei vehicule.

- c. Condițiile naturale și de mediu, care influențează desfășurarea traficului rutier și care acționează asupra spațiului rutier sau asupra participanților la trafic (vânt, nebulozitate, precipitații etc.).

Controlul traficului din sistemele de trafic rutier are ca obiect creșterea capacității de trafic a rețelelor rutiere în următoarele condiții:

- creșterea eficienței pentru participanții la trafic (economie de timp și de carburanți, creșterea gradului de confort prin servicii de informații și de asistență service);
- creșterea gradului de siguranță pentru participanții la trafic și pentru factorii învecinați spațiului rutier;
- reducerea poluării mediului (poluare sonoră, a aerului și a apei etc).

## **2. Structura sistemelor de trafic**

Sistemele de trafic se compun din:

1. trasee, tronsoane cu unul sau dublu sens, fiecare sens beneficiind de una sau mai multe fire sau culoare de circulație, din care un fir sau două pot fi rezervate transportului public;
2. noduri rutiere sau intersecții care pot fi cu 3 sau mai multe căi sau ramuri de acces. Configurația sistemelor de trafic se completează cu traversări sau refugii pietonale, cu locuri de parcare sau de întoarcere, etc., și poate cuprinde mai multe tronsoane și noduri rutiere.

Nodurile rutiere mono nivel sunt elementele cele mai sensibile pentru traficul rutier, deoarece prilejuiesc cele mai frecvente situații conflictuale între participanții la trafic, care se deplasează pe direcții diferite sau care-și schimbă direcția din momentul intrării în intersecție și până la părăsirea ei.

În abordarea reglementării traficului rutier în nodurile rutiere intervin următoarele grupe de parametri:

- parametri generali, provenind din politica de transport într-o anumită regiune și prioritățile rezultate din acestea, tipologia și amplasarea intersecțiilor și aspectele juridice instituționale și sociale, respectiv statutul administrativ și financiar, jurisdicția polițienească și de întreținere;
- parametri fizici, rezultând din dimensiunile și alinierea intersecțiilor;
- parametri de trafic și de securitate, rezultând din repartizarea fluxului și din variația sa orară, zilnică sau sezonieră, precum și aspecte legate de circulația pietonilor sau a vehiculelor de transport public, aspecte legate de securitate și de semnalizare;
- parametri de mediu care au în vedere aspectele legate de: urbanism și peisaj, activitățile riverane și staționări, precum și nivelul de zgomot.

Separarea temporară a circulației conflictuale se poate realiza prin: reglementări prin reguli de prioritate și semnalizări fixe, reglementări prin agent și reglementări prin semnalizare luminoasă. Dacă prima este cea mai rapidă, iar cea de a doua este foarte flexibilă (ambele aplicabile în noduri secundare), reglementarea prin semnalizare luminoasă are o mare răspândire și o eficiență în creștere ca urmare a evoluției conceptuale și tehnice a soluțiilor adoptate și a gradului de automatizare la care se pretează.

Un sistem de reglementare a traficului pentru o intersecție întrunește:

- Echipamente de achiziție a datelor privitoare la trafic. În această categorie intră senzorii de tip buclă inductivă având diferite forme și dimensiuni și care se amplasează sub calea de acces în intersecție. În cazuri mai speciale, se utilizează detectoare radar sau cu raze infraroșii care prezintă dezavantajul că pot fi perturbate în cazul precipitațiilor abundente. Toate aceste sisteme dispun și de un detector la care se cuplează senzorul și care emite semnalul necesar către tabloul de comandă.
- Echipamente de semnalizare luminoasă care sunt montate sub formă de baterii luminoase colorate ce se adresează diferitelor categorii de participanți la traficul rutier. Pe lângă bateriile principale mai există baterii repetitoare de semnal pentru repetarea în profunzime a semnalizării pentru a fi perceput de întregul grup de participanți la trafic.
- Tabloul de comandă sau controlerul de trafic, care este amplasat în proximitatea intersecțiilor și care recepționează semnalele de la detectoarele de trafic, aplică planul de semnalizare și comandă bateriile de semnalizare potrivit programelor implementate. Planul de semnalizare este un ansamblu de programe care asigură elaborarea soluțiilor pentru comanda optimă a semafoarelor, în raport cu fluctuațiile de trafic.

În cazul unei intersecții independente, se pot aplica programe de reglare la intervale fixe (sistemele ce se bazează pe o automatizare clasică), sau programe de reglare adaptivă care țin seama de fluctuațiile momentane ale traficului rezultate din măsurători. Reglarea adaptivă aplică algoritmi de programare aciclică (programe de reglare calculate instantaneu) sau ciclică (selectarea unui program de reglare dintr-o listă), testați și verificați ca având rezultate optime pentru anumiți parametri de trafic orar sau zilnic.

Intersecțiile unui tronson rutier, care funcționează în regim coordonat, beneficiază de un nivel de micro reglare care ține seama de parametrii de programare ai tronsonului rutier, iar, în cazul unei rețele, coordonarea în ansamblu a traficului este încredințată unui nivel de macro reglare.

Sistemele moderne adaptive includ echipamente de calcul capabile să susțină sistemele de programare prezentate, sisteme care sunt rezultatul unor importante etape pregătitoare de simulare și testare, aplicate fiecărei intersecții sau fiecărui sistem de trafic rutier având în vedere parametrii specifici ai acestora.

### **3. Etapele de realizare a sistemelor de reglementare a circulației**

Pentru introducerea unui sistem de reglementare a circulației se parcurg patru etape care se desfășoară coerent:

- Planificarea sistemului, respectiv stadiul de determinare a strategiei de reglementare.
- Elaborarea proiectului de execuție.
- Realizarea și controlul execuției.
- Urmărirea, exploatarea și întreținerea.

Părțile implicate în realizarea proiectului sunt:

- șeful proiectului (inginer de trafic) având în subordonare contractuală,
- un birou de ingineri de trafic responsabili cu realizarea studiului de strategie, finalizat cu un caiet de sarcini,
- furnizorii de componente pe baza caietului de sarcini, fiind firme specializate de echipamente electrotehnice și hardware-software.

#### 4. Elemente de strategie a reglementării

În cele ce urmează se va insista asupra strategiei de reglementare adaptivă, care implică tehnologie informatică și importante preocupări de modelare și simulare. Aceasta strategie este alternativa modernă la strategia de reglementare cu timpi ficși, care este înlocuită treptat.

Reglementarea adaptivă depinde de informațiile recoltate printr-o rețea de detectare cu diferite caracteristici potrivit cu natura circulației și tipurile de informații necesare reglării. Rețeaua de detectare este formată din detectoare rutiere, detectoare pentru transportul în comun și detectoare pentru pietoni.

Pentru detecția rutieră cele mai răspândite sunt buclele inductive de diferite tipuri:

- bucle transversale pentru detectarea prezenței sau trecerii unui vehicul în apropierea liniei de oprire de pe o cale de rulare;
- bucle longitudinale care se montează suplimentar fata de bucla transversală și care poate avea o profunzime de până la 30m, care semnalează cererile de acces în intersecții;
- bucle avansate, plasate la 80-100m de linia de oprire pe o cale de rulare care servesc la măsurarea debitului pe minut și a gradului de ocupare a arterei de circulație, informații importante pentru alegerea timpului de reglementare la nivelul macro reglării.

Detectoarele pentru transportul în comun sunt realizate cu elemente pasive, bucle de detecție pe culoarul rezervat, dispozitive de contact pe linia aeriană de alimentare a tramvaielor sau troleibuzelor sau șine izolate de transport. Elementele de detecție active prin unde radio sunt fiabile, identifică corect vehiculele, dar presupun costuri mai mari.

Elementele de detecție pentru pietoni cele mai răspândite sunt butoane acționate de pietoni, sisteme cu camere video, sau dispozitive cu raze infraroșii care nu și-au dovedit încă eficiența.

Strategia bazată pe reglementarea adaptivă are în vedere, pe lângă alegerea sistemelor de detecție, și amplasarea lor și evaluarea încărcării fiecărei intersecții și ramuri ale acestora, precum și studierea fluctuațiilor orare și săptămânale sau sezoniere. În funcție de parametrii obținuți, se poate formula cererea de programe de reglementare și regimul dorit de funcționare, ca intersecții izolate sau coordonate. Astfel, coordonarea este dorită în cazul în care coeficientul de coordonare pe un tronson este > 10.

Coeficientul de coordonare este dat de relația:

$$C_{ij} = TC_{ij} / Tt_{ij} * 1 / D_{ij}$$

în care:  $TC_{ij}$  = volumul traficului între intersecții succesive (ij)  
 $Tt_{ij}$  = traficul total de intrare în sistemul celor două intersecții  
 $D_{ij}$  = distanța dintre cele două intersecții (km).

Programele de reglementare adecvate pentru diferite intensități și situații de trafic pot fi schimbate manual sau prin mecanism de temporizare însă soluția cea mai modernă este alegerea programelor în funcție de trafic.

## 5. Elementele care stau la baza proiectării sistemului de semnalizare al traficului

Proiectul de execuție a sistemului de semnalizare are la bază informații cuprinse în două elemente de bază:

- matricea de timpi "între verde"
- tabloul timpilor invariabili.

Matricea de timpi "între verde" are rolul de a garanta securitatea completă între toate mișcările posibile în intersecții, în condițiile minimizării pierderilor de capacitate de tranzitare a acesteia.

Pe baza elementelor geometrice ale amenajării se determină timpii minimi necesari între sfârșitul accesului unei grupe de semafoare de pe o direcție de acces și începutul accesului unei alte grupe de semafoare de pe o direcție cu circulație antagonistă. Timpii minimi, cuprinși în matrice, se referă la fiecare categorie de participanți la trafic (vehicule, pietoni etc).

Timpii fiși, cuprinși în tabloul timpilor invariabili, reprezintă durata semnalului verde minim pentru fiecare direcție, ținând seama de viteza medie de exploatare și de lungimile de frânare corespunzătoare acestor viteze la apariția semnalului galben.

Pe baza celor două grupe de informații se simulează programe de tip aciclic și ciclic pentru diferite intensități de trafic, evaluându-se timpii de așteptare.

De exemplu, simularea aplicată unei intersecții cu 4 ramuri (8 fire de circulație de intrare și un traseu de autobuz) a condus la următoarele concluzii:

- pentru un trafic neuniform de 200 vehicule pe 1/4 h reglarea aciclică și ciclică conduc la timpii de așteptare comparabili;
- pentru un trafic mediu de 350-400 vehicule pe 1/4 h reglementarea aciclică conduce la timpii de așteptare cu 50% mai mari față de cei creați de reglementarea ciclică;
- în regim de trafic intens de 600-700 vehicule pe 1/4 h reglementarea ciclică este de două ori mai favorabilă.

Trecerea frecventă de la un program la altul face necesară intervenția unor programe tranzitorii, care să înlăture riscul apariției unor perturbații în fluenta circulației.

## 6. Sisteme de control al traficului zonal

Dezvoltarea sistemelor de semnalizare și eficiența acestora au stat la baza realizării unor sisteme de control al traficului zonal, care integrează sisteme de semnalizare în rețeaua urbană cu sisteme de control pe tronsoane interurbane pe distanțe medii-mari, și a unor sisteme de ghidare a transportului public. Acestea dispun de centre de monitorizare. Sunt cunoscute astfel de sisteme complexe în zona Munchen, Viena, Frankfurt pe Main, Cologne etc. unele dintre acestea fiind realizate în cadrul programelor de dezvoltare ale UE. De menționat că aceste sisteme complexe preiau funcțiuni foarte diversificate și integrează un număr mare de instituții. Astfel, sunt asigurate funcțiuni privind:

- semnalizare rutieră adaptivă;
- controlul vitezei;
- afișaj variabil al ghidajelor rutiere, respectiv ghidarea dinamică a rutelor;
- detectarea rapidă și informarea asupra accidentelor rutiere;
- controlul poluării;
- informații pentru conducători (service, stații de alimentare cu combustibil);
- informații privind evoluția stării meteo;
- informații privind parcurile;
- informații privind conexiunea cu alte mijloace de transport.

În scopul menținerii în regim operațional a acestei game de funcțiuni, sunt cooptate la nivelul operațional :

- autoritatea municipală pentru controlul semnalizării traficului;
- centre de ghidare a traficului regional;
- biroul operațional al Poliției;
- biroul meteorologic;
- asociații automobiliste;
- centrul de control al transportului public;
- administrarea parcurilor;
- puncte mobile de achiziții date etc.

Se înțelege că astfel de sisteme au ca suport rețele de comunicații importante atât prin cablu, cât și mobile, cu un nivel înalt de informatizare și utilizând o gamă largă de echipamente de semnalizare și de indicatoare programabile.

O caracteristică a tuturor acestor sisteme este dezvoltarea lor pe etape și integrarea acestora în timp.

Pentru realizarea unui sistem de semnalizare a traficului urban este necesar să se asigure următoarele elemente :

- un sistem de evaluare a parametrilor specifici elementelor rețelei.
- un sistem de modelare și simulare a planurilor de semnalizare,
- o rețea de semnalizare cu unul sau mai multe puncte de control computerizat.

Sistemele de evaluare sunt de cele mai multe ori mobile și sunt montate pe perioade limitate pe arterele de acces în intersecții. Acestea pot acumula date asupra fluctuațiilor traficului pe parcursul zilei și săptămânal.

Sistemul de modelare și simulare utilizează aceste date precum și datele privind caracteristicile nodurilor rețelei și evaluează eficiența diferitelor planuri de semnalizare. În acest scop dispune de următoarele componente:

- colecția de reprezentări ale elementelor rețelei rutiere (în principal privind intersecțiile) și ale datelor caracteristice acestora;
- module alternative privind regimurile de funcționare a nodurilor rutiere;
- module de alimentare a modelelor cu date caracteristice ale nodurilor rutiere;
- module de aplicare a cererilor de acces în intersecții: aplicarea cererilor de acces poate urma schema ridicată de componenta de evaluare a situației reale sau poate prelimina diferite evoluții ale situației reale sau situații la limită.

## Temă

Să se aleagă o intersecție (semaforizată sau nu, reală sau nu), să reprezinte schița ei cu amplasarea semafoarelor și apoi să propună fazele și să rezulte matricea de semaforizare.

Simboluri utilizate:

