

# OPTIMIZAREA CAPACITĂȚII UNEI INTERSECȚII CU AJUTORUL INSTRUMENTELOR SOFTWARE

Ș.l. dr. ing. **Maria Claudia SURUGIU**, As. drd. ing. **Elena Alina STANCIU**,  
As. drd. ing. **Iona Mădălina MOISE**, As. drd. ing. **Ovidiu TOMESCU**

Universitatea „Politehnica“, București

**REZUMAT.** În lucrare se prezintă modalități de identificare a programelor pentru optimizarea semaforizării în intersecții. Modelele oferă oportunitatea de a evalua strategii de control și planificare a traficului la anumite ore și pe anumite artere fără a folosi resurse costisitoare și consumatoare de timp necesare pentru implementarea strategiilor alternative în domeniu. Totodată modelele de simulare îmbunătățesc procesul de luare a deciziilor de către planficatorii și specialiștii din domeniul transporturilor.

**Cuvinte cheie:** congestie, optimizare trafic în intersecții semaforizate, modele de simulare a traficului.

**ABSTRACT.** The paper presents methods of traffic light optimization programs at the intersections. The models offer the opportunity to evaluate control strategies and traffic planification in certain timeframes and on certain arterles, without using costly and time-consuming resources for the implementation of the alternative strategies in the field. Moreover, the simulation models enhance the decision making process for the planners and transport specialists.

**Keywords:** congestion, traffic optimization at the intersections with traffic light, traffic simulation models.

## 1. INTRODUCERE

Congestia pe străzile și arterele urbane conduce la întârzieri mari de timp, pierderi în economie, creșterea poluării aerului și creșterea potențialului apariției accidentelor. Cu toții știm că cerința crescândă de transport din toată lumea a determinat ca sistemele de transport să-și atingă limitele capacității existente. Este, de asemenea, știut că pe măsură ce sistemul de transport devine din ce în ce mai sofisticat și complex, specialiștii trebuie să adopte noi măsuri de administrare mai eficiente a sistemelor existente care trebuie să facă față creșterii numărului de vehicule din trafic.

**Coordonarea timpilor de semnalizare.** Două treimi din toți kilometrii conduși în fiecare an sunt pe șosele controlate de semafoare. În unele zone urbane, semafoarele din intersecțiile aglomerate pot controla mișcarea a mai mult de 100.000 de vehicule pe zi. Inginerii de trafic sunt puși în fața problemei de a determina capacitatea acestor intersecții pentru a reduce întârzierile. Prin optimizarea capacității unei intersecții, specialiștii de trafic pot reduce congestiile economisind timp, reduce numărul accidentelor grave sau pot reduce comportamentul agresiv de conducere, cum ar fi trecerea pe culoarea roșie a semaforului. Administrația Federală a Autostrăzilor din America (FHWA) recomandă ca reprogramarea semafoarelor să se realizeze la fiecare doi sau trei ani. Sunt și alte circumstanțe speciale ce pot

duce imediat la reprogramarea semafoarelor: când este adăugat un nou semafor sau este reprogramat unul din semafoarele deja existente; când traficul, volumul de pietoni sau mișcările de întoarcere se schimbă semnificativ; când accesul la un drum se schimbă sau când apare o schimbare în geometria drumului. Cunoscând acestea, agențiile tot nu reprogumează semafoarele la perioade fixe fie datorită constrângerilor bugetului monetar sau datorită lipsei de a dovedi necesitatea reprogramării semafoarelor. Totuși, modelele de trafic continuă să se schimbe și să crească, iar fără a modifica timpii de semnalizare întârzierile pot deveni semnificative.

**Simularea.** Modelele de simulare a traficului joacă un rol vital în modelarea traficului permițând inginerului de trafic posibilitatea de a evalua situații complexe de trafic ce nu pot fi analizate direct prin alte mijloace directe. Modelele oferă oportunitatea de a evalua strategii de control și planificare a traficului la anumite ore și pe anumite artere fără a folosi resurse costisitoare și consumatoare de timp necesare pentru implementarea strategiilor alternative din domeniu. Pentru acest motiv, modelele de simulare permit analize rapide a situațiilor din trafic și diverse alternative pentru a reduce riscul, cheltuielile survenite de blocajele din trafic.

Totodată modelele de simulare îmbunătățesc procesul de luare a deciziilor de către planficatorii și specialiștii din transporturi. Simularea furnizează următoarele date:

- potențiale proiecte pentru planficarea traficului;

- evaluarea alternativelor de planificare a operațiilor și prioritizare;
- îmbunătățește planificarea și evaluarea timpului și a costului mai ieftin, comparând cu studiile pilot, experimentele din teren ale implementării totale;
- folosește multiple combinații de desfășurare sau alte scenarii complexe într-un timp relativ scurt; dislocare redusă a traficului.;
- prezintă/expune strategii publicului/actionarilor prin intermediul animației grafice;
- operează și administrează capacitatea existentă a drumurilor – recomandă cel mai bun model sau scheme de control pentru a maximiza performanța facilităților de transport.

## 2. OPTIMIZAREA TIMPILOR ȘI IMPLICAȚII ALE SIMULĂRII

Specialiștii de trafic se confruntă cu numeroase provocări când reprogreamază semafoarele sau când folosesc modelele de simulare. Problemele sunt de la calitatea slabă a aerului și creșterea consumului de benzină până la creșterea numărului de accidente grave. Trebuie avut în vedere următoarele provocări:

- mediul – calitatea aerului și consumul de benzină;
- publicul motorizat – congestia, timpul, accidentele cât și comportamentul agresiv de conducere;
- munca – forța de muncă;
- financiar – trebuie avut în vedere costurile implementării.

Programele software de optimizare a semaforizării se evaluează luând în considerare următoarele aspecte: **ușurința utilizării, informațiile necesare, eficiența rezultatelor.**

Se studiază performanța programelor în trei perioade ale zilei (ora de vârf de dimineața, după-amiază și la prânz) și se evaluează optimizarea programelor de semnalizare și coordonare cu ajutorul programelor de simulare a traficului, în termeni de artere principale, străzi laterale și întârzieri în rețea. În figura 1 sunt prezentați principalii pași care compun metodologia de optimizare.

Printre programele de analiză a sincronizării semnalizării sau de optimizare a acesteia se numără Synchro, Contram, Aimsun, Transyt etc. Aceste modele oferă planuri de sincronizare pentru perioade de timp multiple, precum și două strategii de coordonare:

- coordonarea tuturor intersecțiilor de-a lungul unui coridor cu un ciclu de semaforizare comun;
- împărțirea coridorului în două segmente coordonate.

Performanța planurilor dezvoltate de pe urma optimizării se evaluează folosind simularea traficului. Pentru estimarea măsurilor de eficiență pentru modelul care

produce cele mai bune planuri se folosesc modelele de simulare VISSUM, CORSIM, SimTraffic etc. În general, procesele folosite de instrumentele software constau în:

- dezvoltarea reprezentării/modelului rețelei/coridorului;
- introducerea parametrilor generali (geometrie, măsurători de trafic etc.);
- determinarea strategiei de coordonare;
- optimizarea ciclului de semaforizare;
- optimizarea diviziunii ciclurilor;
- optimizarea ofseturilor;

Factorii orelor de vârf se calculează pentru fiecare vecinătate semnalizată și sunt folosiți ca înlocuitor pentru coordonarea volumului.

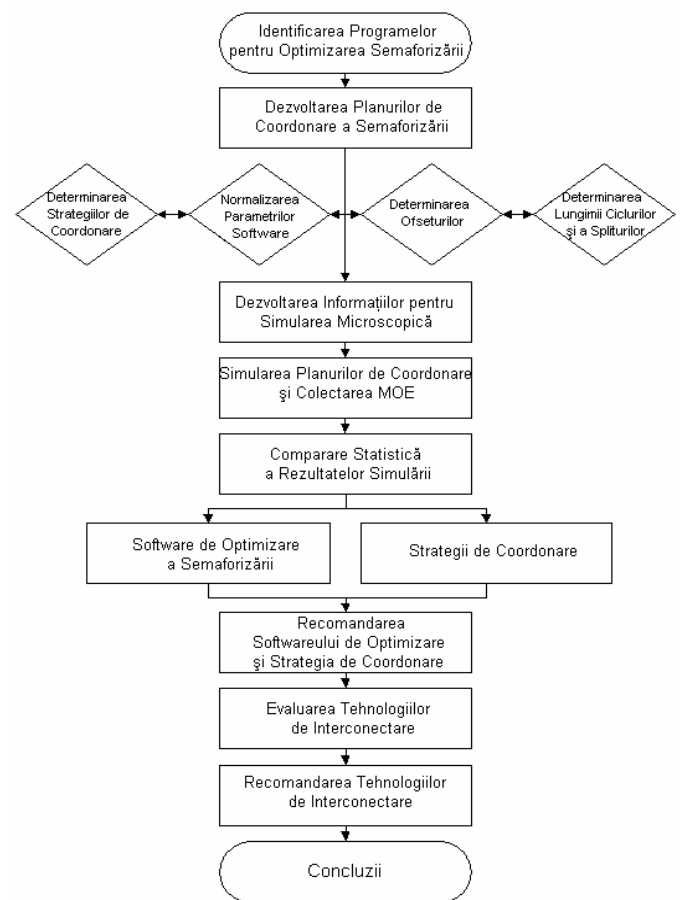


Fig. 1. Metodologia de optimizare.

## 3. CRITERIILE DE ALEGERE A UNUI PROGRAM DE ANALIZĂ A TRAFICULUI

Când alegem un program de analiză a traficului trebuie luate în considerație numeroase cerințe. Iată câteva dintre aceste criterii:

- scopul geografic – abilitatea de a analiza zona geografică impusă sau de a studia aria pentru analiză,

incluzând intersecții izolate, drumuri cu 2 benzi, coridoare sau o rețea;

- tipuri de vehicule modelate – abilitatea de a analiza diferite moduri de călătorie, cum ar fi vehicule mici (SOV), vehicule mari (HOV), trenuri, camioane, biciclete și traficul pietonal;

- strategia de management – abilitatea de a analiza diferite strategii de planificare și aplicații, cum ar fi măsurarea rampelor, coordonarea semafoarelor, managementul incidentelor etc.;

- răspunsul călătorului – capacitatea de estimare a răspunsului călătorului la strategiile de management al traficului incluzând diversiunea rutei, alegerea timpului de plecare, modul de conducere, alegerea destinației și cerința impusă;

- măsuri de performanță – abilitatea de a produce direct și de a scoate măsuri de performanță cum ar fi măsuri de siguranță (accidente, fatalități), eficiența (produse, volum, numărul de mile de călătorie al vehiculului (VMT)), mobilitatea (timpul de călătorie, viteza, numărul de ore de călătorie al vehiculului (VHT)), productivitatea (profitul) și măsuri de protecție a mediului (emisii de gaze, consumul de combustibil, zgomot);

- efectivitatea instrument / costuri pentru sarcina impusă, în general din perspectiva managerială sau operațională. Parametrii ce influențează efectivitatea costului includ costuri de implementare al instrumentului, nivelul de efort necesar, ușurința de folosire, necesități de echipamente, necesități informaționale, animație etc.

#### 4. ANALIZA CAPACITĂȚII UNEI INTERSECȚII

Synchro plus SimTraffic este cel mai folosit program din industria timpilor de semnalizare și simulare, oferind o soluție completă pentru optimizarea și modelarea rețelelor de trafic urban. Dezvoltat de-a lungul a două teme cheie, prima fiind creșterea numărului de funcții specifice cerute cel mai des de către utilizatori și a doua fiind îmbunătățirea modelării condițiilor de trafic din lumea reală, Synchro plus SimTraffic întrunește toate cerințele unui program de analiză a traficului.

Synchro este un model macroscopic de analiză a capacității și de optimizare, care permite utilizatorului de a introduce datele într-un singur fișier. Cu toate intersecțiile într-un singur fișier, poate fi generată o analiză analitică directă a capacității ce permite utilizatorului de a avea o măsură a întârzierilor, cozilor etc. pe baza ecuațiilor. Synchro va optimiza, de asemenea, semnalele dintr-o rețea și va încerca să diminueze întârzierile și opririle. Aceasta îl face un instrument necesar pentru optimizarea sistemelor de semnalizare a

traficului. Synchro implementează metoda Utilizarea Capacității Intersecției (Intersection Capacity Utilization) 2003. Această metodă compară volumul curent cu capacitatea maximă a intersecției. Această metodă este simplă de implementat și este necesară o singură pagină de date. Synchro oferă o soluție ușor de implementat pentru analiza capacității unei singure intersecții și pentru optimizarea timpilor.

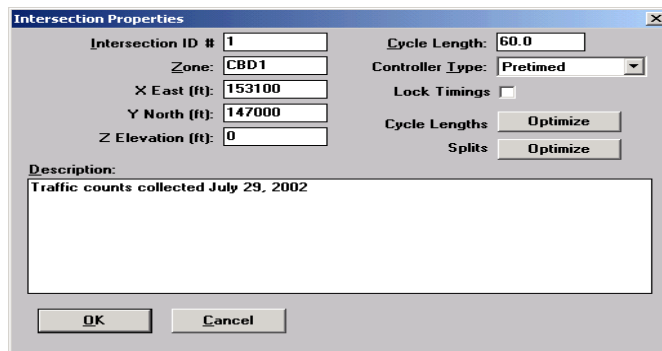


Fig. 2. Proprietățile unei intersecții.

*Optimizarea timpilor* se poate face rapid și simplu și se adresează întârzierilor lungimilor ciclurilor etc.

Synchro furnizează semnale cu comandă locală detaliate și modelate automat.

*Diagramele timp-spațiu* pot fi utilizate foarte ușor și includ două tipuri de date. Tipul lungime de bandă arată cum ar evolua traficul rutier de-a lungul unei artere dacă nu ar interveni nici un fenomen exterior care să îl perturbe.

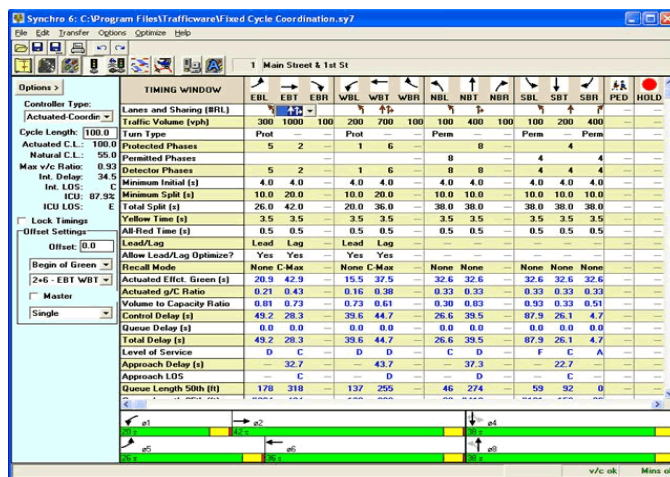


Fig. 3. Optimizarea timpilor.

Al doilea tip prezintă fluxul de vehicule, informații individuale despre fiecare vehicul în parte, felul în care se opresc la semnal de roșu, cum se formează coada și apoi plecarea. Acest tip prezintă o imagine mult mai clară asupra fluxului de vehicule.

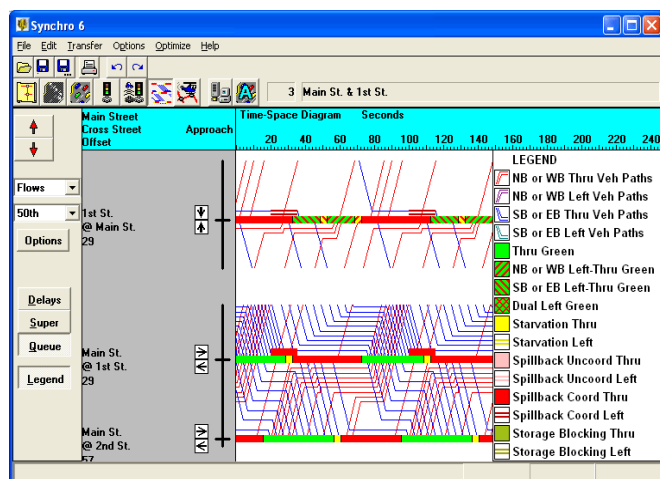


Fig. 4. Diagrama timp-spățiu.

## 5. FORMATUL UNIVERSAL AL DATELOR DESPRE TRAFIC

Formatul universal al datelor despre trafic (UTDF) este o specificație de format standard a datelor pentru semnalizarea traficului și informații legate de traficul din intersecții. UTDF poate fi folosit pentru transferul de informații între pachete de programe de trafic. De asemenea poate fi folosit pentru a împărtăși informația între soft și hard al controler-ului de semnalizare a traficului. Conține abilitatea de a stoca măsurători de volum multiple și planuri de temporizare pentru diferite intersecții. Aceasta permite o metodă structurală de stocare a unui volum mare de informații despre trafic.

**Metodologia ICU.** Synchro plus Sim Traffic folosește metodologia Utilizării Capacității Intersecției (ICU = Intersection Capacity Utilization) pentru analiza capacității intersecțiilor. ICU este mult mai precisă și mai puțin supusă la manipulare, și este concepută pentru folosirea în aplicațiile de planificare cum ar fi viitoarele modele de drumuri și studii de impact asupra amplasamentului. Obiectivul funcționalității ICU este mai degrabă volumul raportat la rata capacității, decât întârzierile; este conceput pentru a măsura capacitatea „adevărată” a unei intersecții. ICU este proiectat pentru a fi folosit în conjuncție cu metode pe bază de întârziere cum sunt Synchro și HCM (High Capacity Modulation) pentru a da o imagine generală a performanței unei intersecții.

## 6. BENEFICIILE UTILIZĂRII PROGRAMULUI SYNCHRO

Beneficiile sunt următoarele:

- ușurința de utilizare;

- creșterea managementului și productivității utilizatorului;
- creșterea profitului;
- îmbunătățirea calității aerului și consumului de combustibil;
- congestii reduse și economisirea timpului;
- reducerea accidentelor și a comportamentului de conducere agresiv;
- acceptarea industrială atât pe plan domestic cât și internațional.

*Comparație asupra Managementului și productivității utilizatorului utilizând diverse tipuri de programe de simulare.* SYNCHRO oferă utilizatorului două variante de calcul al parametrilor de trafic:

- formularea HCM (care este numită întârziere Webster),
- funcția de repartiție.

Ca și TRANSYT-7F, SYNCHRO integrează zona de studiu în cadrul unei curbe de intrare-ieșire pentru a calcula uniform întârzierea folosind o rezoluție de timp de 0,1 secunde.

Opțiunea funcției de repartiție a întârzierii de la SYNCHRO permite utilizatorului o variantă de estimare a traficului prin intersecție. Metoda funcției de repartiție permite activarea condițiilor și coordonarea în vederea modelării întârzierii în trafic.

SYNCHRO este util pentru optimizarea timpului pentru rețele și intersecții individuale bazate pe minimizarea întârzierilor și opririlor. Are capacitatea să optimizeze blocajele, perioadele ciclice, secvențele de fază și offseturile din trafic. La fel ca TRANSYT-7F, SYNCHRO folosește un „index de performanță” pentru optimizarea funcționării obiectivelor. Cu SYNCHRO se poate determina perioada ciclică a semnalelor (în cadrul limitei specificate de utilizator), perioadele de fază și coordonarea offseturilor pentru aceste perioade. SYNCHRO poate, executa separarea optimizărilor pentru diferite subgrupuri ale intersecției din cadrul rețelei globale:

- SYNCHRO are un timp propriu de verde calculat pentru condiții optime.
- estimează timpii de verde pentru fiecare din cele 5 valori diferite ale funcției de repartiție a încercărilor cu privire la distribuția poisson.

– prevede faza de gol și probabilitățile de salt pentru fiecare din cele 5 volume de scenarii și ajustează media timpilor de verde.

– întârzierea este calculată pentru fiecare scenariu în parte, iar media celor 5 volume de scenarii determină semnalul global de întârziere în condiții optime.

Toate cerințele datelor de intrare pentru SYNCHRO sunt similare cu cele pentru TRANSYT-7F, însă instrumentul nu oferă informații la nivel de detaliu ca și TRANSYT-7F (rezultatul simulării traficului cu dispersia pluton, modelele origine-destinație), în schimb, este

sigur mai mult pe relațiile analitice pentru estimarea acestor efecte.

Parametrii cheie ai programului includ capacitatea de analizare, coordonare și determinarea lungimi active de semnale.

Ultima versiune poate modela interschimbările și faza semnalului complex. Caracteristicile cheie ale software-ului sunt capacitățile de analizare, coordonarea semnalului, controlul activ și diagramele timp-spațiu. Softwareul raportează performanțele sistemului folosind întârzierea totală, determinarea și eliminarea întârzierii, opriri totale, opriri / vehicule, distanța și timpul călătoriei, nivelul funcției (LOS), lungimea maximă a cozii, consumul combustibilului și emisii (MOE).

SYNCHRO poate fi folosit la producerea fișierelor de intrare pentru SIMTRAFFIC, CORSIM, HCS 3, TRANSYT-7F și PASSEn.

SIMTRAFFIC este folosit la simularea microscopică și animația intersecțiilor semnalizate și sistemele cu drum liber. Caracteristici:

- abilitatea de a modela rețelele de semnalizare și intersecțiile nesemnalizate;
- operația de verificare și semnal de trafic;
- analizarea îndeaproape a spațiului din intersecții cu blocaje și probleme de schimbare a sensului de circulație;
- simularea afectărilor semnalelor lângă intersecțiile nesemnalizate și drumuri de călătorie;
- analizarea operării intersecțiilor prin supraîncărcarea unei rute.

TRANSYT-7F este un model macroscopic, de optimizare deterministică și simulare ce poate fi folosit la analiza unui drum de rețea. Software-ul consideră vehiculele plutoane în loc de vehicule individuale. Software-ul simulează circuitul de transport în creșteri mici de timp, astfel reprezentarea traficului este mult mai detaliată decât alte modele macroscopice ce își asumă distribuțiile uniforme în interiorul plutoanelor de trafic. Sunt cerute ca mărimi de intrare pentru analiză, durata ciclică, datele de sincronizare, volumul de aproximații și mișcările de rotire, legăturile de durată, debite saturate și aproximarea vitezelor. Software-ul poate fi folosit la evaluarea condițiilor propuse de sincronizare și optimizare pentru minimizarea opririlor, temporizărilor, consumul combustibilului, și costul.

Măsurile de performanță include temporizări, valoarea medie a șirului, opriri, consumul combustibilului și diagrame timp-spațiu.

## 7. ANALIZAREA ȘI EVALUAREA A SOFTWARE-ULUI SELECTAT

Pentru simularea drum-liber, au fost evaluate următoarele aspecte:

- simularea operației segmentelor drum-liber;

- incluzând examinarea caracteristicilor pentru datele intrate;

- împreună cu: căile hov, incidente, zone de construcție, Redirijarea traficului, Detectarea vehiculelor, Evaluarea măsurilor LOS, Simularea pe borduri, incluzând, Măsurarea bordurii, cu /fără HOV bypass, Detectarea vehiculelor pentru măsurarea bordurii, Strategii pentru fluxurile intrării, Evaluarea măsurilor LOS.

Măsurile efective (MOE) au evaluat vitezele de legătură incluse, fluxul și densitățile. Ambele software-uri pot realiza măsurările emisiilor vehiculelor, anulate în tipuri individuale de emisii, cum ar fi CO, CO<sub>2</sub> și emisii HC. Pentru simularea arterei, software-ul a fost evaluat pe baza simulării unui drum al arterei cu 4 intersecții semnalizate.

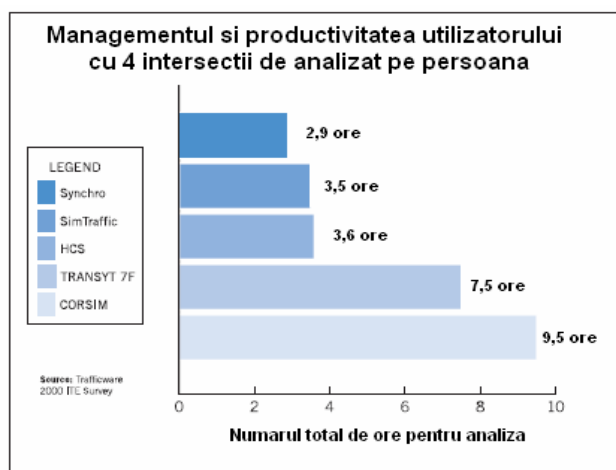


Fig. 5. Managementul și productivitatea utilizatorului.

Problemele adresate în evaluare includ:

- apropierea fluxurilor intrate și mutări rotite și vehicule mixte;
- intersecție geometrică;
- semnal de sincronizare și timp
- detectarea locațiilor și procedeeleor;
- condiții de oprire;
- operații de tranzit;
- preempțiune tranzit;
- control activ;
- caracteristicile traficului de bloc.

Evaluarea capacității MOV: întârzieri apropiate, șiruri și numărul de opriri, nivelul serviciilor (bazate pe media întârzierilor vehiculelor), diagrame timp spațiu, emisiile vehiculelor.

## 8. CONCLUZII

Congestiile din traficul urban reprezintă o problemă importantă în majoritatea metropolelor lumii iar siste-

mele de transport inteligent sunt create pentru a oferi control în timp real și ghidare de rută pentru participanții la trafic pentru a optimiza performanțele rețelei de trafic. Politicile de control actualizat și strategiile de control adaptiv sunt din ce în ce mai folosite datorită potențialului acestora de a reduce întârzierile în intersecții.

Optimizarea traficului în intersecții se poate face prin îmbunătățirea semaforizării după cum urmează:

- Îmbunătățirea semafoarelor prin introducerea de echipamente noi, permițându-se dezvoltarea unor strategii mai complexe pentru fluxul de trafic;

- Sincronizarea semafoarelor pentru a răspunde fluxului de trafic existent, reducându-se întârzierile inutile;

- Coordonarea și interconectarea semafoarelor pentru o mai bună colaborare între semafoarele cu timp fix și cele actualizate, în mod activ administrând planurile de timp și controla automatele pentru a reduce numărul și frecvența opririlor care apar în intersecții;

- Îndepărtarea semafoarelor din intersecțiile care nu au nevoie de control pentru a reduce întârzierile și opririle nedorite;

- Schimbarea controlului semaforizării cu timpii predeterminat la un control actualizat;

- Modificarea intervalului de Schimb Galben și/sau a intervalului de Eliberare pe Roșu;

- Modificarea lungimii ciclului de semaforizare;

- Folosirea instrumentelor software pentru optimizarea semaforizării (Synchro, Contram, Transyt, etc).

## BIBLIOGRAFIE

- [1] Corneliu Mihail Alexandrescu, Gheorghe Stan, Marius Minea, *Managementul centralizat al traficului rutier urban*, Ed. Centrului Tehnic-Editorial al Armatei Bucuresti, 2007,
- [2] Rahmi Akcelik, *Fundamental relationships for traffic flows at signalized intersections*, Ed. ARRB Transport Research LTD, September 1999,
- [3] J.Y.K. Luk, *Modelling & Monitoring the Performance of Urban Traffic Control Systems*, 1989,
- [4] <http://www.its-romania.ro/>
- [5] <http://www.leicesterequal.co.uk>
- [6] <http://www.synchroLtd.com>