

ALGORITMUL DE OPTIMIZARE R-D PENTRU INTERSECTII

Inspector principal, drd.ing. Florian **Dan**,
Ministerul de Interne – S.E.I.P. Cluj
Ing. Raul **Muresan**
S.C. Nivis S.R.L. Cluj

Abstract

The purpose of this paper is to present a successfully tested algorithm on a series of different situations concerning traffic in the city of Cluj Napoca. This algorithm was created by the authors of this paper and therefore was named: "RD Algorithm for traffic lights".

1. Consideratii preliminare

În conditiile cresterii spectaculoase a traficului rutier prin localitatile tarii noastre se impune ca din ce în ce mai mult sa fie studiata problema "rationalizarii traficului". Tendinta generala a tarilor occidentale cu resurse materiale si disponibilitati tehnice este aceea a supunerii traficului la un control cât mai organizat si bine pus la punct. De aceea, pentru realizarea acestui deziderat, se fac eforturi în directia introducerii semaforizarii la un numar cât mai mare de intersectii. Aceasta prezinta doua avantaje:

- 1 - permite controlul strict al traficului;
- 2 - asigura o buna ordonare si fluenta în trafic.

Având în vedere aceste aspecte se impune studiul practic al realizarii unor algoritmi de optimizare si sincronizare a intersectiilor semaforizate. Se are în vedere faptul ca toate intersectiile importante, care prezinta probleme

majore în trafic, tind sa fie semaforizate. Se poate afirma ca optimizarea intersectiilor nesemaforizate va ramâne în timp o problema minora, si datorita unui algoritm creat de autorii prezentei lucrari, denumit "algoritm R-D".

2. Descrierea metodei

De la început trebuie sa facem mentiunea ca nu vom prezenta în detaliu algoritmul R-D ci ne vom axa în special pe rezultatele si performantele sale, având în vedere scopul si amploarea lucrarii de fata.

Algoritmul își propune optimizarea fazelor de semaforizare si a timpilor de asteptare pentru o intersectie oarecare.

§ 2.1. Ipoteze

Pentru ca un algoritm de semaforizare sa fie performant el trebuie sa îndeplineasca o serie de conditii:

- 1 - numarul de faze de semaforizare dintr-un ciclu sa fie minim. Aceasta conditie

este necesara deoarece odata cu micșorarea numarului de faze se elimina timpii morti si scade timpul de asteptare, crescând totodata si rata de deservire.

2 - ordinea de tratare sa fie ierarhizata, traseul cu fluxul maxim sa aiba prioritate în optimizare.

3 - fragmentarea fazelor pentru un anume traseu sa fie minima.

4 - timpii de semaforizare sa aiba o strânsa corelatie cu ierarhizarea traseelor pentru a elimina supraaglomerarea.

Pentru o tratare eficienta a intersectiei nu se recomanda tratarea strazilor ca entitati, luarea în calcul a caracteristicilor geometrice ale intersectiei sau strazii. Aceasta recomandare provine tocmai dintr-un studiu care arata ca influenta factorilor de aceasta natura este minora deoarece în zonele aglomerate de obicei exista un numar suficient de benzi de circulatie.

Una dintre caracteristicile algoritmului R-D este aceea ca tratarea se face pe trasee si parametrii fundamentali ai optimizarii sunt fluxul normal si ca parametru limitativ fluxul maxim. Acesti doi parametrii sunt deja superiori si compecsi deoarece includ si caracteristicile geometrice si limitarile impuse strazilor. Trebuie facuta precizarea ca acest algoritm nu-si propune sa aiba o valoare teoretica ci a fost creat pe principii strict practice si functionale.

§ 2.2. Etape de optimizare

Prima etapa în optimizare este aceea a determinarii numarului optim de faze astfel ca pe un ciclu sa existe cât mai putine faze de semaforizare. Pentru realizarea acestei conditii s-a folosit

principiul mai general din informatica numit: "Metoda Greedy". Aceasta presupune prelucrarea în ideea: "primul tratat primeste cel mai mult". Algoritmul face în acest fel o serie de maximizari sau minimizari locale. Rezultatul final se obtine prin extremul rezultatelor intermediare. În algoritm s-a folosit si un nucleu backtracking pentru a optimiza numărul de pasi, latura strict informatica.

Structura generala pe care functioneaza algoritmul este un graf conex generat automat de o functie de calcul a traseelor. Principiul de generare a grafului este urmatorul:

- nodurile grafului sunt trasee în intersectie;
- doua noduri care nu se pot intersecta sunt legate printr-o latura a grafului.

Aceasta înseamna ca traseele punctate de cele doua noduri nu pot fi simultan libere într-o aceeași faza de semaforizare ci doar în faze diferite. Din punct de vedere al reprezentarii, graful a fost simulat printr-o matrice patratica.

Dupa prelucrarea grafului prin metoda extremelor succesive se pot obtine la un moment dat mai multe variante de optimizare cu acelasi numar de faze. Se pune acum problema realizarii celorlalte conditii pentru optimizarea intersectiei. Pentru ca optimizarea structurii fazelor sa fie completa, se impune o a doua etapa, prin care se sorteaza din numărul total de solutii optime solutia care asigura un numar cât mai mare de "faze de verde" traseelor prioritare, pe parcursul unui ciclu.

În a treia etapa se trece la defragmentarea fazelor. Pentru o înțelegere corecta a notiunii se considera

un caz concret: se presupune ca pentru o intersectie oarecare s-au determinat ca faze minime, 5 faze pe un ciclu de semaforizare. Fie un traseu de maxima prioritate A -> B (de la strada A la strada B) si altul de prioritate inferioara C -> D (aceasta prioritate se considera tinând cont de fluxul normal). În acelasi timp se presupune ca din optimizarea de la prima etapa rezulta ca traseul A -> B este liber (are culoarea verde) si în faza 1 si în faza 3, iar traseul C -> D este liber si în faza 2 si în faza 5. Solutia ar fi ideala daca traseele A -> B si C -> D ar fi libere în faze succesive, culoarea verde nefiind astfel întrerupta pentru cele doua trasee timp de doua faze. Asadar se vor face interschimbari ale fazelor pentru ciclul optimizat pâna în acest moment. Aceasta se asigura printr-un subalgoritm de defragmentare realizat pe principiul blocurilor prioritare. Din nou apare necesitatea compromisului la interschimbarea de faze deoarece un traseu mai putin prioritar poate pierde compactitatea în favoarea unui traseu prioritar. Aceasta problema a fost rezolvata tot prin metoda Greedy prin maximizari succesive a gradului de compactitate pentru trasee prioritare.

Dupa realizarea acestor trei etape urmeaza etapa finala, cea a calcularii timpului de semaforizare pe faze. Astfel, se alocă un timp total pe ciclu de semaforizare. Din acest timp se partajeaza timpi partiali pentru fiecare faza tinându-se cont de prioritatea fazei. Determinarea prioritatii fazei se face prin media prioritatii traseelor componente, media fiind însa improprie deoarece se tine cont si de fluxul deja degajat pe un traseu în fazele anterioare. În functie de aceasta medie se determina timpul alocat fiecărei

faze pentru ca în ultima etapa sa se poata realiza programarea directa a semafoarelor pentru intersectia respectiva.

Precizam ca etapele parcurse pâna în acest punct optimizeaza intersectia fara a tine cont de sincronizarea cu alte intersectii. Pentru realizarea acestui deziderat se considera grupul de intersectii si se trateaza ierarhic, functie de nivelul de prioritate al intersectiei. Optimizarea se face începând cu intrersectia prioritara si se continua cu intersectiile mai putin prioritare impunând fluxuri pe arterele de legatura astfel încât sa fie respectate intersectiile de prioritate superioara. Deci se va face o interventie în prima etapa a optimizarilor si se va restrictiona a treia etapa. Pentru realizarea acestui obiectiv se aplica "metoda compromisului" sau criteriul ierarhic "top - down". Prin realizarea acestei sincronizari fluxul de trafic este optimizat iar gradul de încărcare a arterelor prioritare tinde catre o stabilizare si o scadere spre valori acceptabile.

§ 2.3. Performantele algoritmului

Din testarile executate de autorii acestui algoritm pe cazuri concrete din traficul municipiului Cluj-Napoca acesta s-a dovedit extrem de eficient si rapid.

Un punct forte al algoritmului este acela ca poate optimiza într-un timp foarte scurt intersectii foarte complexe, ajungând pâna la 11 strazi. Acest lucru constituie un avantaj având în vedere ca pentru grupuri mari de intersectii timpul de optimizare al unei intersectii este deosebit de important.

Ca exemplu, considerând o intersectie cu 11 strazi cu sens dublu si 11 treceri de pietoni, optimizarea se produce

în 0,4 secunde pe un computer cu putere de calcul medie. Mentionam ca aceasta intersectie contine 121 trasee posibile. Practic optimizarea reprezinta numai 75% din timpul total, restul fiind timpul de generare al grafului si cel de afisare a datelor.

În plus algoritmul își genereaza singur graful de structura si prevede pentru optimizare inclusiv situatiile de trecere de pietoni, senzori unici, senzori blocate. Deci este suficienta realizarea unei interfete utilizator bazata pe geometria intersectiei si pe introducerea fluxurilor pentru a calcula solutia optima.

Prin faptul ca algoritmul se bazeaza pe parametrii generali, care pot fi determinati instantaneu dar si statistic (fluxul normal si maximal) se pot face optimizari în timp real, realizandu-se o reglare a traficului prin "feed-back" cu un timp de reactie foarte bun. Asadar adaptarea unor senzori de flux în intersectii poate asigura cu acest algoritm automatizarea completa a procesului de optimizare.

3. Concluzii finale

Datorita numarului în continua crestere a autovehiculelor pe infrastructuri stradale constante ca si capacitate de trafic, sau în scadere prin lipsa spatiilor de

parcare organizate, optimizarea traficului trebuie îndreptata cât mai mult spre introducerea semafoarelor în intersectii, pentru asigurarea unui control eficient al acestuia si pentru o fluidizare mai buna.

Accentul trebuie sa se puna pe situatiile practice din trafic având în vedere ca geometria intersectiilor centrale ale localitatilor, care creeaza de obicei probleme, nu poate fi modificata prea mult. Speculatiile teoretice vor avea cel mult o valoare didactica sau statistica.

Controlul strict al traficului este o necesitate tinând cont de cresterea din ce în ce mai însemnata a numarului de autovehicule si implicit a traficului. În acest mod se poate controla într-o buna masura si poluarea unor zone centrale, aglomerate, si care prezinta o atractivitate deosebita, prin asigurarea unei mai bune fluente a circulatiei.

Controlul traficului nu se poate face prin metode rigide, algoritmi aplicati trebuie sa fie flexibili având în vedere caracterul imprevizibil al traficului rutier. De aceea autorii acestei lucrari si ai algoritmului R-D pentru optimizarea fazelor de semaforizare si sincronizare a intersectiilor recomanda renuntarea pe cât posibil la date statistice si reorientarea spre date concrete, masurate cel putin periodic daca nu continuu.

Bibliografie

- [1] Cornew, P.H., Introduction to algorithms. Mitt Pres, 1990.
- [2] Livovschi, A., s.a., Analiza si sinteza algoritmilor. Ed. Tehnica, Bucuresti, 1983.
- [3] Russel, S., Artificial intelligence. A modern approach. Prentice Hall, 1995.
- [4] Wirth, N., Data structures + algorithms = programs. Mitt Pres, 1992.