

UTILIZAREA METODEI TIP IDENTIFICAREA SISTEMELOR ÎN CONCEPEREA, REALIZAREA ȘI VALIDAREA MODELELOR MATEMATICE PENTRU OPTIMIZAREA SECVENȚELOR DE TRAFIC. Studiu de caz - intersecții din Craiova

Conf. univ. dr. Ing. Ilie DUMITRU,
Universitatea din Craiova

Asist. univ. drd. Ing. Mihnea CĂTĂNEANU,
Universitatea din Craiova

Prof. univ. dr. Ing. Victor OȚĂȚ
Universitatea din Craiova

Mat. Theodor George OPRICA
Universitatea din Craiova

REZUMAT. Folosirea unor algoritmi pentru optimizarea traficului rutier constituie primul și cel mai important pas în realizarea sistemelor de management eficient al circulației. Fenomenele ce se desfășoară în acest domeniu sunt complexe, având la bază elementul aleator, iar modelele matematice pot fi elaborate, numai pe baza prelevărilor de date și informații. Procedurile utilizate astfel se pot alocă procedurilor care poartă denumirea de *identificarea sistemului*. În concordanță cu acest tip de procedeu pe baza analizării datelor și a procesării acestora se poate ajunge la formulări teoretice care se constituie în modelele matematice căutate. Autorii au fost și sunt preocupați de optimizarea traficului rutier atât la nivel local cât și regional derulând astfel cercetări, efectuând studii și concepând modele matematice specifice. Pentru o componentă a rețelei rutiere centrale a municipiului Craiova, având drept parametri de intrare durate de semnal, faze, durate de traversare, configurații intersecții, date de volum de trafic se realizează modele matematice originale ce permit abordarea algoritmică a secvențelor de programare în vederea asigurării fluentei maxime și poluării minime. Pentru validarea modelelor s-a apelat la valorile coeficientului corelației multiple din perspectiva legăturilor deterministe.

Cuvinte cheie: trafic urban, optimizare, model matematic, procedura identificarea sistemelor.

ABSTRACT. Using algorithms to optimize road traffic is the first and the most important step in realizing efficient traffic management systems. Phenomenon running in this field is complex, based on alleatory elements, and mathematical models can be set up only based on taking data and information. Such procedures may be associated to *identification of the system* procedures. According to this kind of data analyzing and processing method, theoretical formulas are to be determined, which result in the searched mathematical models. The authors are interested in optimizing road traffic, locally and regionally, making researches and studies and elaborating specific mathematical models. The paper presents genuine mathematical models for an area of the road network of Oradea municipium, starting from signal timing, phases, passage timing, crossroads configuration traffic volumes, allowing to algorithmically address programming sequences in order to reach the minimum of pollution and to maximize traffic decongestion.

Keywords: urban traffic, optimizing, mathematical model, system identification procedure.

1. INTRODUCERE

Evoluția gradului de motorizare are implicații directe în organizarea sistemului circulației rutiere și în prevenirea accidentelor de circulație. Experiența altor țări dovedește consecințele economico-sociale, urbanistice și sanitare extrem de complexe, la care trebuie adăugate și cele propagate de micșorarea vitezei de circulație și de limitarea mobilității autovehiculelor.

Optimizării circulației rutiere pleacă de la structura sistemelor consacrate de trafic se bazează pe trasee, tronsoane și noduri rutiere.

Traseele, respectiv tronsoanele țin cont de numărul de sensuri și de deplasarea vehiculelor pe un fir sau mai multe fire de circulație nodurile rutiere iau în considerare căile de acces.

Proiectarea unui dispozitiv modern de circulație presupune în primul rând cuantificarea parametrilor destinații reglementării traficului (fig. 1) prin intermediul componentelor sistemului de reglare (fig. 2).

Conceperea, proiectarea, realizarea implementarea și utilizarea sistemelor de reglare a traficului rutier impun parcurgerea itemurilor prezentate în schema din figura 3.

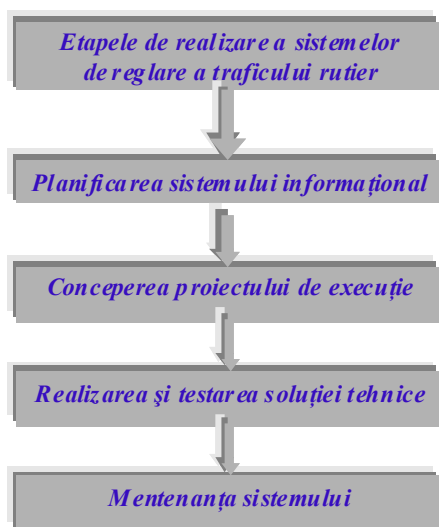


Fig. 1. Etapele de implementare a sistemelor de reglare.

În conformitate cu teoriile prezentate în literatura de specialitate abordarea implementării sistemelor este condiționată de situația în care se găsește o intersecție (independentă sau corelată într-un tronson rutier, unde funcționează în regim coordonat). Funcția de coordonare este utilă în situația în care coeficientul de coordonare (dat de relația de mai jos) pe un tronson are o valoare mai mare decât 10.

$$C_{cij} = \frac{V_{ij}}{T_{ij}} \cdot \frac{1}{d_{ij}} \quad (1)$$

în care: V_{ij} reprezintă volumul traficului între intersecțiile succesive (ij); T_{ij} – traficul total de intrare în sistemul celor două intersecții; D_{ij} – distanța între cele două intersecții [km];

2. METODA TIP IDENTIFICAREA SISTEMELOR

Se cunoaște că fenomenele ce se derulează în traficul rutier sunt complexe, având la bază elementul aleator, iar modelele matematice pot fi elaborate, numai pe baza prelevărilor de date și informații. Procedurile utilizate astfel se pot alocă procedurilor care poartă denumirea de *identificarea sistemului*. În conformitate cu acest tip de procedeu, pe baza analizării datelor și a procesării acestora, se poate ajunge la formulări teoretice care se constituie în modelele matematice căutate.

Realizarea unui sistem informațional de monitorizare și dirijare a traficului rutier pentru intersecții cu disfuncționalități. Studiul a urmărit în prima fază două

intersecții adiacente din zona centrală în care se manifestă frecvent congestii ale traficului. În această zonă arterele monitorizate au fost identificate ca fiind preponderent caracterizate printr-o încărcare constantă de flux rutier cu valori considerabile.

Metodologia de cercetare impune în primă fază prelevări de date la nivelul celor prezentate în tabelul următoare, în baza cărora se poate concepe un model matematic ce permite elaborarea rezultatelor ce impun sistemul optimizat de fluentă a traficului între două intersecții.

Valori ale fluxului de vehicule echivalente corespunzătoare fazelor în cele două intersecții sunt prezentate în tabelele 1 și 2.

Tabelul 1

Intersecția Calea București –Carol I

Ora	Q1	Q2	Q3	Q4
8.30-9.30	867	949	159	617
10.10-11.10	872	1529	170	938
12.40-13.40	709	1485	261	1587
16.30-17.30	773	1641	207	890

Tabelul 2

Intersecția A.I. Cuza –Arieș

Ora	Q1	Q2	Q3	Q4
8.30-9.30	934	1190	644	735
10.10-11.10	1034	1176	997	843
12.40-13.40	1116	1197	954	917
16.30-17.30	1085	1199	583	885

Conceperea și realizarea modelului matematic are loc în modul următor:

$$v_i = n_i H_{ii} + k_i \quad (2)$$

$$T = \sum_{i=1}^4 (n_i \cdot H_{ii} + k_i) \quad (3)$$

$$p = \frac{3600}{T} = \frac{3600}{\sum_{i=1}^4 (n_i \cdot H_{ii} + k_i)} \quad (4)$$

$$q_k = p \cdot n_k \cdot b_k = n_k \cdot b_k \cdot \frac{3600}{\sum_{i=1}^4 (n_i \cdot H_{ii} + k_i)} \quad (5)$$

$$q_k \cdot \sum_{i=1}^4 (n_i \cdot H_{ii} + k_i) = 3600 \cdot b_k \cdot \sum_{i=1}^4 \delta_{ki} \cdot n_i \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^4 q_i \cdot n_i \cdot H_{ii} + \sum_{i=1}^4 q_k \cdot k_i = \sum_{i=1}^4 3600 \cdot b_k \cdot \delta_{ik} \cdot n_i \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^4 (3600 \cdot b_k \cdot \delta_{ik} - q_k \cdot H_{ii}) \cdot n_i = \sum_{i=1}^4 q_k \cdot k_i \quad (8)$$

în care: n_i reprezintă numărul de vehicule la faza i pe o bandă ce traversează intersecția; v_i – durata semnalului verde pentru faza i [s]; H_{ii} – durata de traversare pentru un autovehicul [s]; k_{ii} – timpi însumați la demararea primului și traversarea ultimului [s]; T – durata unui ciclu [s]; p – numărul de cicluri pe oră; q_k – fluxul de automobile într-o oră în faza k ; b_k – numărul de benzi;

$$n_k \Leftrightarrow n_i; \quad \delta = \begin{cases} 1, & \text{dacă } i = k \\ 0, & \text{dacă } i \neq k \end{cases}$$

În cazul existenței detectoarelor de flux, acestea vor determina numărul maxim de autovehicule / bandă / fază – notat n_i , care devine astfel parametru de intrare pentru ecuația (1) din care va rezulta timpul de verde pe o fază, v_i . Cu acesta, din ecuația (2) va rezulta timpul de verde pentru un ciclu.

În cazul inexistenței detectoarelor de flux, se utilizează ecuația (7) din care prin rescriere rezultă un sistem de patru ecuații cu patru necunoscute, n_1, n_2, n_3, n_4 . Urmează introducerea valorilor determinate în ecuația (1) pentru aflarea timpului de verde pe fază v_i și apoi determinarea timpului total T .

Elaborarea soluțiilor. Modelul matematic se prelucurează și se obțin soluțiile de tipul:

$$\begin{aligned} V_i &= k_i + Hn_i = \\ &= k_i + Hk \frac{q_i}{b_i} \cdot \frac{1}{3600 - H \left(\frac{q_1}{b_1} + \frac{q_2}{b_2} + \frac{q_3}{b_3} + \frac{q_4}{b_4} \right)} = \quad (9) \\ &= k_i + \frac{Hv \cdot q_i}{3600 b_i} \end{aligned}$$

Acest model care simulează a fost prelucrat și sub mediul de programare Mathematical, cu ajutorul căruia s-a confirmat valabilitatea soluțiilor.

Valorile obținute pentru timpii de verde se necesită a fi cuantificate și implicit adaptate situației.

Coeficientul de corelație (R) este un indicator care măsoară intensitatea legăturii dintre două variabile x și y [131]. În practică se utilizează relația:

$$R = \frac{n \cdot \sum x_i \cdot y_i - \sum x_i \cdot \sum y_i}{\sqrt{[n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2] \cdot [n \cdot \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}} \quad (10)$$

unde: n reprezintă numărul punctelor de măsurători; x_i și y_i – valorile perechilor de puncte.

Cu cât coeficientul de corelație are valori mai apropiate de 1, cu atât corelația dintre variabilele x și y este mai puternică. În cazul $R = 0$ variabilele sunt

independente sau necorelate, iar pentru $R = 1$ rezultă dependență funcțională între cele două variabile.

Pentru a nu se lucra cu radicali, uzual se calculează pătratul coeficientului de corelație notat cu R^2 .

În practică se consideră că dacă $0,95 < R^2 < 1,00$ se poate spune că legătura este relativ deterministă (funcțională)

Un exemplu al folosirii acestei metode pe baza unui model matematic original îl reprezintă obținerea valorilor numerice ale timpilor de verde optimizați (figurile 2 și 3).

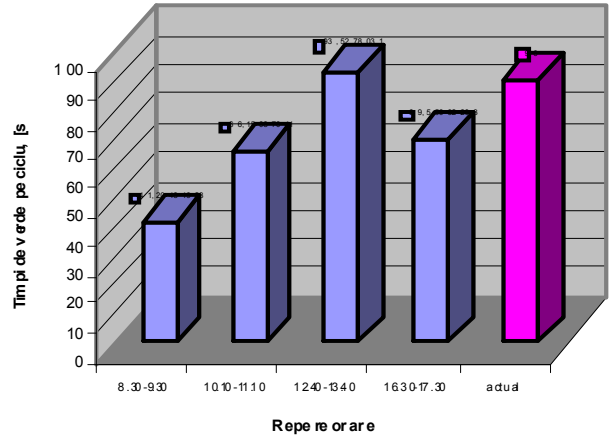


Fig. 2. Timpul de verde în Intersecția Calea București – Carol I.

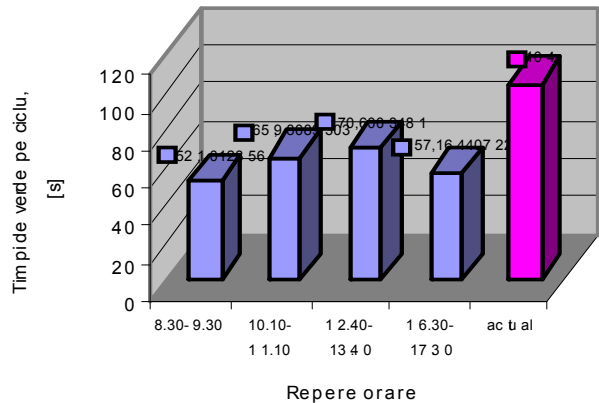


Fig. 3. Compararea timpilor de verde în intersecția Al. I. Cuza - Arieș.

Corelarea celor două intersecții se realizează ținând cont de fluxurile de vehicule, de configurația rețelei rutiere din zona studiată și de timpii de verde, ce implica adoptarea unor valori comune ale acestora.

Pentru corelarea fluxurilor din cele două intersecții, se adoptă același timp pe ciclu pentru cele două intersecții. S-a adoptat timpul maxim pe ciclu, la fiecare din secvențele orare considerate.

La corelare este necesar a se ține cont de sincronizarea fazelor și mai ales se impune același timp de verde pentru fazele prezentate mai jos (fig. 4 și 5):

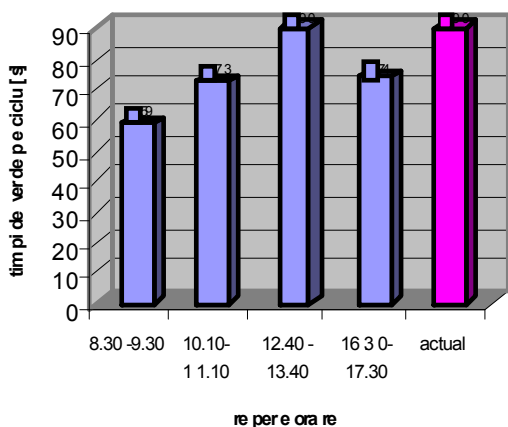


Fig. 4. Corelarea timpului de verde în intersecția Calea București – Carol I.

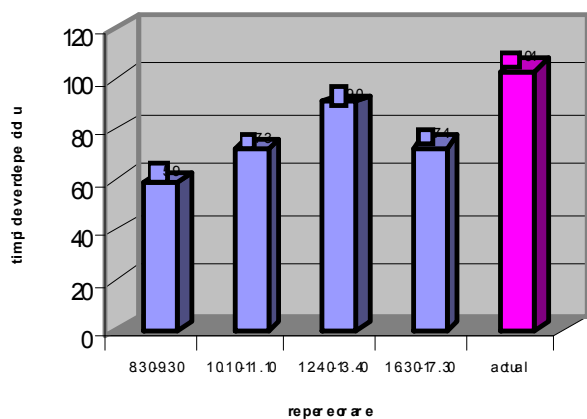


Fig. 5. Corelarea timpului de verde în intersecția Al. I. Cuza - Arieș

Utilizând datele conferite de prelevări și de modelul matematic se stabilește corelația dintre acestea, iar valoarea coeficientului multiplu de corelație confirmă o

legătură deterministă, fapt ce permite impunerea fazelor și timpilor în funcție de situația reală.

3. CONCLUZII

- În contextul actual fluidizarea traficului rutier în vederea eliminării congestiunii și a reducerii poluării nu este posibilă decât utilizând sisteme de monitorizare și dirijare a traficului rutier ce au funcțiuni de macroreglare și microreglare;

- Analiza intersecțiilor principale ale municipiului Craiova, privită din punctul de vedere al valorilor de trafic, demonstrează faptul că circulația autovehiculelor în aceste intersecții se impune a fi optimizată;

- Rezultatele studiilor realizate permit soluționarea situației prin intermediul sistemului informațional conceput.

- În conformitate cu modelarea matematică se propun soluțiile optime validate prin metoda tip identificarea sistemelor.

BIBLIOGRAFIE

1. Dumitru, I., ș.a, Utilizarea sistemelor informaționale în cadrul transportului public în vederea reducerii poluării, Analele Universității din Craiova - Seria Mecanică, Nr. 1/2000, pag. 147-152, ISSN 1223-5296, Craiova, 2000;
2. Eschelbeck, G., Th. Moser, *Distributed Traffic - Monitoring and Evaluation by Means of a Client - Server Architectures*. The 13th World Computer Congress 94 IFIP, vol.2, p.165;
3. Mohlenbrink, W., *Integrated Traffic Management*. The 13th World Computer Congress 94 IFIP, vol.2, p.3;
4. Glayre, Ph., Ph. H. Bovy, *Nouvelles Techniques - Régulation Lumineuse des Carrefours*. Cahier nr. 2, Transitée ingénieurs Conseils S.A, 1004 Lausanne, EPFL - Institut des Transports et de Planification, 1015 Lausanne;
5. Rosner, Fl., *Siemens in DRIVE Projects Green Light - Siemens*. Traffic Engineering News, March, 1994;