

# ANALIZA, MODELAREA ȘI OPTIMIZAREA CIRCULAȚIEI RUTIERE ÎN ZONA UNIVERSITĂȚII DIN CRAIOVA

Prof.univ.dr.ing. Victor OȚĂȚ<sup>1</sup>, Asist.univ.dr.ing. Oana Victoria OȚĂȚ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultatea de Mecanică, Craiova, România

**REZUMAT.** Congestionarea traficului rutier urban a devenit o problemă majoră cu care ne confruntăm aproape în fiecare zi, în special pe direcția de deplasare către și dinspre locul de muncă. În scopul reducerii timpilor și a cozilor de așteptare, în lucrarea de față, cercetările sunt orientate spre identificarea unei soluții în vederea eficientizării fluxului circulației rutiere. Studiul propus s-a realizat la nivelul unei intersecții aglomerate din municipiul Craiova, fiind modelate și analizate trei situații de reglementare a traficului rutier, respectiv: intersecție semaforizată, sens giratoriu și pasaj supratran.

**Cuvinte cheie:** volum trafic, timp de așteptare, matrice origine-destinație, fluidizare trafic rutier .

**ABSTRACT.** Urban traffic congestion has become a major problem that we are dealing with almost every day, especially on the way to and back from work. In order to reduce the waiting times and the queues, the present paper underpins a close research study to put forward novel solutions for traffic flow streamline. The proposed study was conducted within a congested intersection in the city of Craiova, being modeled and analysed three different situations for road traffic regulation, i.e.: the traffic light-based intersection, the roundabout and the overpass.

**Keywords:** traffic volume, waiting times, origin-destination matrix, traffic flow streamline.

## 1. INTRODUCERE

Congestionarea sau aglomerarea traficului rutier reprezintă starea în care se află rețeaua de transport, caracterizată de viteze de deplasare mici, timpi și cozi de așteptare lungi. Se consideră că traficul rutier devine este congestionat atunci când cererea de transport, atât autovehicule, cât și pietoni, depășește capacitatea rețelei de transport.

Principalele metode ce se pot adopta în scopul decongestionării traficului rutier sunt următoarele:

- dezvoltarea infrastructurii actuale prin construirea de noi drumuri în jurul orașelor sau chiar supraetajate,
- implementarea soluțiilor de conducere dinamică a semafoarelor, în funcție de condițiile reale de trafic.

Studiile de trafic prezentate de literatura de specialitate consideră că principalele cauze ale congestionării traficului rutier sunt reprezentate de: gâtuirii; condiții meteorologice nefavorabile; evenimente de trafic neprevăzute; efectuarea operațiilor de reabilitare a infrastructurii rutiere; timp de semaforizare ce nu sunt adaptați condițiilor reale din trafic, în funcție de zi și oră sau de condițiile atmosferice.

Formele de dirijare a autovehiculelor și pietonilor într-o anumită zonă rutieră reprezintă de fapt conducerea traficului rutier, ce are ca obiectiv principal optimizarea fluidității traficului. Metodele de conducere a traficului rutier implică pe lângă soluțiile adoptate în vederea fluidizării traficului, și metodele de gestionare a evenimentelor speciale generate de ambulanță, poliție, pompieri sau a blocajelor pe

anumite artere rezultate în urma accidentelor rutiere sau a lucrărilor de mentenanță.

Metodele de dirijare și conducere a intersecțiilor semaforizate sunt clasificate în patru categorii:

- conducere statică – se bazează pe timpi pre-stabiliți pentru fiecare fază a ciclului de semaforizare;
- conducere dinamică – determinată de timpi de semaforizare calculați în funcție de condițiile reale de trafic;
- conducere prin coordonare – se realizează prin timpi de semaforizare stabiliți de către un anumit punct de control al traficului pe baza informațiilor generale de trafic;
- conducere la cerere – activată prin apăsarea unui buton de către pietoni.

Sistemele inteligente pentru ghidarea în trafic sunt acele sisteme care au ca intrări destinația dorită de către conducătorul auto, un senzor GPS (Global Positioning System) pentru detecția poziției, alături de diferiți parametri ce caracterizează preferințele conducătorului auto, și care produc la ieșire itinerariul propus, oferind informații în timp real asupra schimbărilor de direcție.

## 2. PRINCIPALII PARAMETRII AI TRAFICULUI RUTIER

Fluxurile de trafic rutier sunt determinate de suprapunerea variată a fluxurilor mijloacelor de transport în stare încărcată și goală pe elementele infrastructurii rutiere [2].

Traficul rutier continuu se desfășoară pe benzi de autostradă necongestionate, fără blocări sau ambuteiaje, iar traficul discontinuu se desfășoară la nivelul arterelor centrale cu intersecții semaforizate sau indicatoare de cedare a trecerii.

Fluxurile circulației rutiere se pot analiza fie sub forma unui flux vehicular microscopic, la nivel de vehicul, precum și sub forma fluxului vehicular la nivel macroscopic, un grup omogen de vehicule [3].

Fluxurile de trafic continuu se pot caracteriza prin intermediul următorilor parametri: volumul traficului, viteza de deplasare, debitul vehicular, densitatea spațială a vectorului vehicular. În cazul fluxului discontinuu, parametrii anteriori pot fi aplicați doar pe tronsoane de lungimi specifice, apărând o serie de noi parametri specifici precum lungimea coloanei, timp de stop, întâzieri, viteza unde de propagare și traiectorii de întoarcere sau virare. O parte din acești parametri specifici sunt direct măsurabili, în timp ce alții pot fi determinați sau estimați matematic din parametrii măsurabili. Exista câțiva parametri ce pot fi doar estimați statistic dintr-o bază de date de tip istoric.

## 2.1. Volumul traficului

Volumul traficului se referă la numărul total de vehicule ce trec printr-un punct specific sau printr-o secțiune a unei benzi de trafic pe durata unui interval de timp dat. Volumul de trafic este parametrul cel mai accesibil și mai des măsurat în problemele de inginerie a traficului, intervalul de timp utilizat variind de la minute, ore, zile sau chiar anual.

Volumul de trafic este specificat în mod curent prin denumirea AADT (Annual Average Daily Traffic), acesta reprezentând valoarea medie a numărului de vehicule ce trec printr-o anumită locație a drumului într-o zi pe parcursul unui an întreg.

În țările dezvoltate economic, există Centre de Măsură a Traficului (TMC) pe majoritatea arterelor mari urbane sau autostrăzi ce colectează date în mod continuu. Plasarea unui astfel de centru de măsură se face strict în puncte strategice alese pentru a putea estima caracterul zilnic sau sezonier al volumului de trafic.

Tăria orară a traficului,  $q$  poate fi calculată ca inversul intervalului mediu de timp, dintre vehiculele unui flux rutier, măsurat în secunde per vehicul, conform relației (2.1) [1]:

$$q = \frac{3600}{\bar{t}} \text{ [vehicule/oră]} \quad (2.1)$$

## 2.2. VITEZA DE TRAFIC

Viteza de trafic exprimată matematic în două moduri diferite:

- medie aritmetică a vitezelor vehiculelor ce ocupă o lungime dată dintr-o bandă de circulație (viteza medie spațială)

- medie aritmetică a vitezelor vehiculelor ce trec printr-un punct pe parcursul unui interval de timp dat (viteza medie temporală).

Viteza medie spațială este definită prin relația (2.2) [1]:

$$V_{VMS} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i}{n} \quad (2.2)$$

unde:

- $w_i$  reprezintă viteza vehiculului  $i$ ;
- $n$  – numărul de vehicule.

Viteza medie temporală,  $V_{VMT}$  este dată de relația (2.3) [1]:

$$V_{VMT} = \frac{1}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i} \quad (2.3)$$

unde:

- $t_i$  reprezintă timpul parcurs de vehicul  $i$ , exprimat în ore per milă sau km, relativ la segmentele de drum analizate
- $n$  numărul de vehicule.

## 2.3. Densitatea traficului

Densitatea de trafic se referă la numărul de autovehicule ce ocupă o anumită lungime dintr-un tronson de drum (de regulă un km sau o milă de banda de circulație).

Înainte de a exista camerele video și sistemele de prelucrare optică a imaginilor, densitatea se calcula pe baza fotografiilor aeriene prin numărarea efectivă a vehiculelor de pe anumite tronsoane.

Densitatea poate fi estimată și din viteza medie spațială a traficului conform relației matematice:

$$\text{debitul vehicular} = \text{viteza medie spațială} \times \text{densitatea de trafic.}$$

## 2.4. Intervale dintre vehicule

Intervalul de timp dintre vehicule, ( $t$ ) este o măsură a intervalului de timp necesar trecerii prin dreptul unui reper fix de pe marginea drumului a două vehicule consecutive ale fluxului rutier, de exemplu de la bara față (sau bara spate) a primului vehicul la bara față (sau bara spate) a vehiculului următor și are ca unitate de măsură secunda [1].

Diagrama spațiu-timp prezentată în figura 2.1 arată traiectoria fiecărui vehicul care trece prin dreptul punctului de observare și componentele intervalului de timp dintre vehicule [1]:

- golul temporal – reprezintă intervalul de timp dintre vehicule, luând în considerare punctul cel mai din spate al vehiculului urmărit și punctul cel mai avansat al vehiculului următor;

- timpul de ocupare – reprezintă timpul necesar vehiculului pentru a traversa punctul de observare

luând în considerare punctul cel mai avansat și punctul cel mai din spate al aceluiași vehicul. Acest timp depinde de tipul vehiculului, dar și de viteza de deplasare a acestuia.

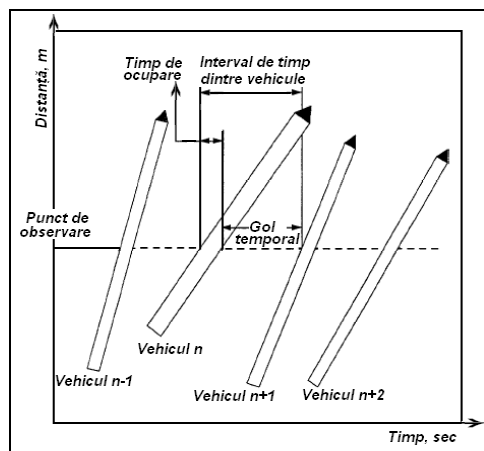


Fig. 2.1. Intervalele de timp dintre vehicule [1].

### 3. MODELAREA FLUXULUI TRAFICULUI RUTIER LA NIVELUL INTERSECȚIEI ANALIZATE

Prin intermediul platformelor software dedicate modelării și optimizării traficului rutier se parcurg toate etapele necesare creării unei rețele rutiere complete. Modelarea părții carosabile, urmată de introducerea datelor reale din trafic conduc către o simulare microscopică a rețelei.

Principalele etape parcurs în procedura de modelare și simulare, cu ajutorul softului AIMSUN, constau în definirea tuturor elementelor grafice ce compun o rețea respectiv: secțiuni, noduri, detectoare, VMS, marcaj rutier, stațiile de autobuz, matricea origine-destinație O/D, cererea de trafic. Pentru intersecțiile semaforizate este necesar să se definească un plan de control pentru semafoare, precum și benzile rezervate transportului în comun.

În cadrul studiului de caz, se dorește optimizarea fluxului de trafic rutier, în vederea reducerii timpului de așteptare și a lungimii cozii la nivelul intersecției, reducere ce are impact direct și în reducerea emisiilor poluante provenite de la autovehiculele rutiere.

Pentru realizarea studiului de caz propus, primul pas a constat în identificarea intersecției la nivelul căreia se dorește fluidizarea traficului rutier.

În acest scop, în urma analizei datelor de trafic la nivelul municipiului Craiova, s-a ales intersecția dintre strada Calea București cu strada Alexandru Ioan Cuza și bulevardul Carol I. În alegerea secțiunii a stat la bază faptul că această intersecție reprezintă unul din punctele cele mai aglomerate ale orașului Craiova, în special în zilele lucrătoare, în intervalul de deplasare către și de la locul de muncă.

Traficul rutier la nivelul acestei intersecții a fost reglementat prin mai multe metode. S-a plecat inițial de la reglementarea prin semaforizare, ulterior traficul a fost gestionat printr-o intersecție în sens giratoriu, fig. 3.1.

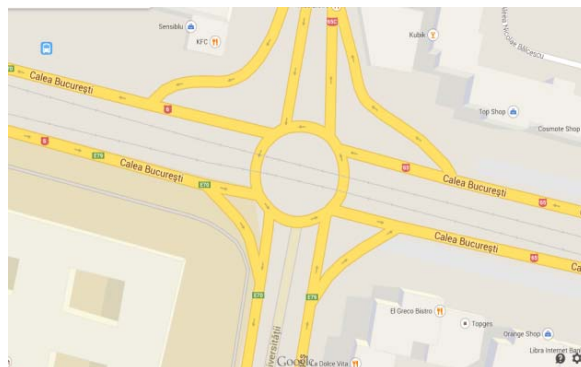


Fig. 3.1. Intersecția analizată: reglementare prin sens giratoriu (Google maps).

Cea mai recentă soluție de organizare a traficului rutier la nivelul intersecției este reprezentată de un plan static de semaforizare, fig. 3.2.

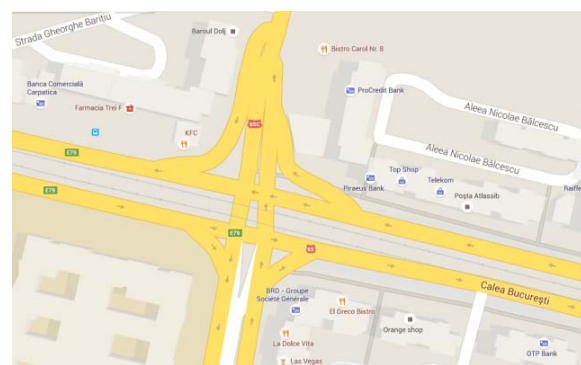


Fig. 3.2. Intersecția analizată: reglementare prin semaforizare (Google maps).

În vederea fluidizării traficului rutier la nivelul intersecției identificate, soluțiile propuse în vederea optimizării circulației rutiere, și automat reducerea gradului de poluare, sunt următoarele:

- intersecție în sens giratoriu
- intersecție semaforizată
- pasaj supraterran

Pentru soluțiile propuse și analizate în cadrul prezentului studiu de caz, s-a considerat că matricea origine-destinație, precum și tipul fluxului vehicular ce tranzitează intersecția sunt asemănătoare pentru fiecare dintre cele trei variante studiate.

#### Soluția 1 - Intersecție în sens giratoriu

În prima variantă de reglementare a secțiunii considerate s-a procedat la construcția și modelarea celor două intersecții din zona Universității din Craiova, traficul rutier fiind gestionat de două intersecții în sens giratoriu, fig.3.3.

## ANALIZA, MODELAREA ȘI OPTIMIZAREA CIRCULAȚIEI RUTIERE ÎN ZONA UNIVERSITĂȚII

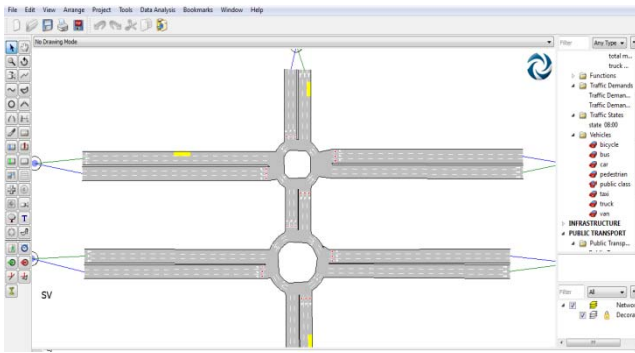


Fig. 3.3. Modelarea intersecției în sens giratoriu.

Introducerea datelor de trafic s-a realizat în urma efectuării unui studiu în zona respectivă și a culegerii datelor de trafic.

În figura 3.4 este prezentată matrice origine-destinație, pentru un interval de timp de 30 de minute. După cum se observă în figura de mai jos, au fost culese date de trafic pentru toate intrările și ieșirile de la nivelul rețelei analizate. Numărul total de vehicule ce au tranzitat intersecție în perioada de timp considerată a fost de 1875 vehicule etalon, fiind considerate șase puncte de intrare, respectiv șase puncte de ieșire.

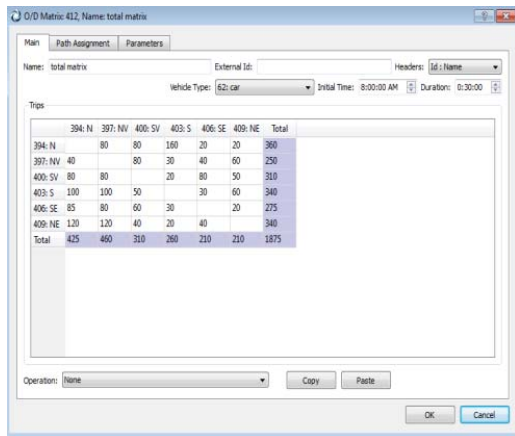


Fig. 3.4. Matricea origine-destinație.

### Soluția 2 - Pasaj supratran

Cea de-a doua soluție identificată și analizată în cadrul studiului de caz constă în construirea și modelarea secțiunii analizate prin considerarea unui pasaj supratran ce separă cele două direcții ale fluxurilor principale, respectiv N-S și V-E.

În figura 3.5 este prezentată geometria intersecției. S-a considerat că pasajul supratran preia fluxul de circulație de pe b-dul Carol I, și îl separă de fluxul de pe Str. Cale București și Str. A.I.Cuza.

### Soluția 3 - Intersecție semaforizată

Ultima variantă de fluidizare a traficului, propusă și analizată în studiul de față constă în construcția și modelarea fluxurilor de trafic prin planuri statice de

semaforizare. Această variantă este în conformitatea cu varianta actuală de gestionare a traficului la nivelul intersecției considerate.

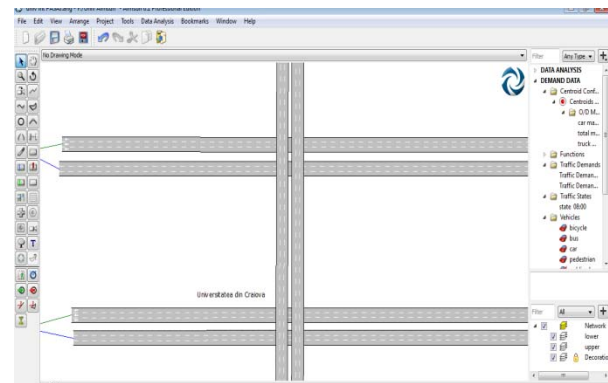


Fig. 3.5. Modelarea intersecției – pasaj supratran.

Matrice origine-destinație în cazul variantei de reglementare a traficului prin intermediul pasajului supratran este prezentată în figura 3.6. Se observă că față de prima variantă, sens giratoriu numărul punctelor de intrare și de ieșire este mai mic, deoarece pasajul desparte cele trei fluxuri importante de trafic, respectiv cel de pe b-dul Carol I, de pe str. Calea București și de pe str. A.I.Cuza.

Numărul total de vehicule ce tranzitează secțiune analizată, înregistrat la nivelul celor trei puncte de intrare și trei puncte de ieșire este de 1610 vehicule în intervalul de timp de 30 de minute.

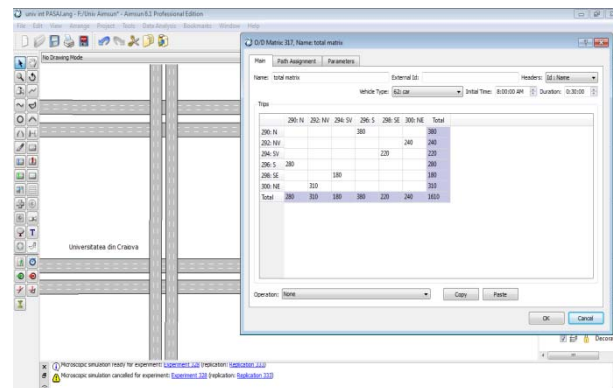


Fig. 3.6. Matricea origine-destinație.

Geometria intersecției, numărul intrărilor și al ieșirilor, precum și numărul benzilor și sensurilor de circulație sunt reprezentate în figura 3.7.

În figura 3.8 este prezentat ciclul de semaforizare, precum și prioritizarea intersecției. Se observă că pentru direcțiile 390-364, 389-343, 391-345 și 341-348 au fost incluse restricții de cedază trecerea. Aceste restricții sunt impuse la virajul dreapta de ieșire din intersecție, cu condiția de a acorda prioritate autovehiculelor din fluxul principal.

Pentru simularea situației reale a traficului la nivelul intersecției considerate, s-a avut în vedere și definirea liniilor și a stațiilor pentru transportul public.

## SOLUȚII PENTRU UN ORAȘ INTELIGENT

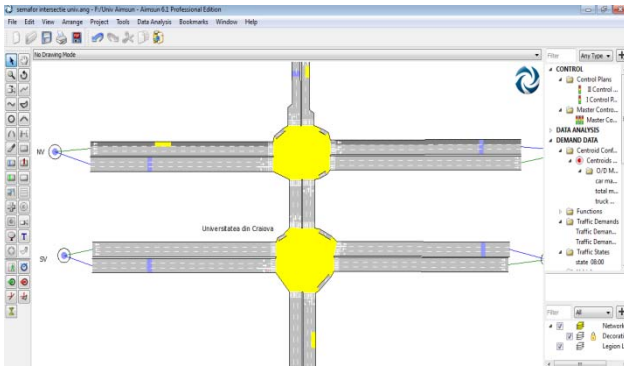


Fig. 3.7. Modelarea intersecției prin semaforizare.

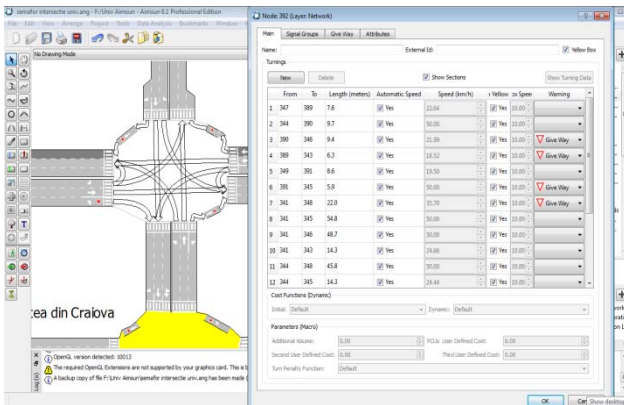


Fig. 3.8. Ciclul de semaforizare și prioritizarea intersecției.

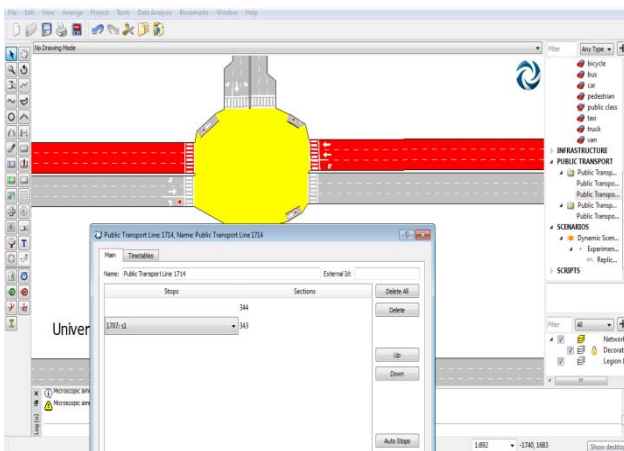


Fig. 3.9. Definirea liniei și stațiilor de transport public.

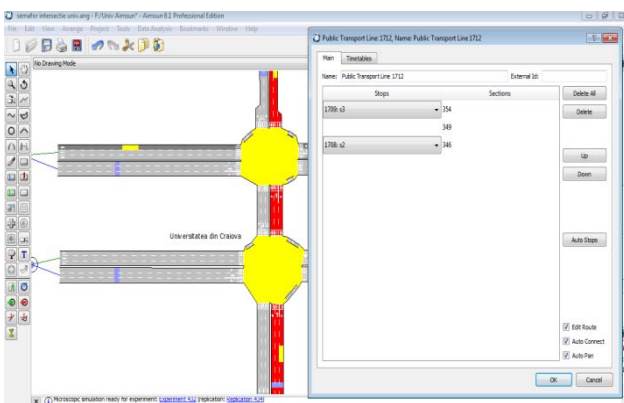


Fig. 3.10. Definirea liniei și stațiilor de transport public.

În figura 3.9 este reprezentat cu roșu sensul fluxului rutier de pe strada Calea București, fiind alocată prima bandă de circulație pentru transportul public.

De asemenea, în figura 3.10 este prezentat modul de definire și alocare a benzii de circulație pentru lini 1712 a transportului public de persoane. În aceeași figură, cu galben sunt reprezentate locurile în care au fost amplasate stațiile transportului public de persoane.

## 4. PREZENTAREA REZULTATELOR OBTINUTE

În urma realizării modelării fluxului de circulație rutieră la nivelul intersecției analizate, s-au obținut date privind principalii parametri ai traficului rutier, respectiv: densitatea traficului, timpul de așteptare pentru a tranzita intersecția, lungimea cozilor de așteptare, gradul de ocupare al benzilor de circulație.

Rezultatele obținute pentru cele trei situații analizate sunt prezentate în figurile 3.11, 3.12 și 3.13, prin capturi din cadrul simulărilor, astfel încât să fie vizibile fluxurile de trafic, precum și lungimea cozilor de așteptare a vehiculelor pentru a intra și tranzita intersecția.

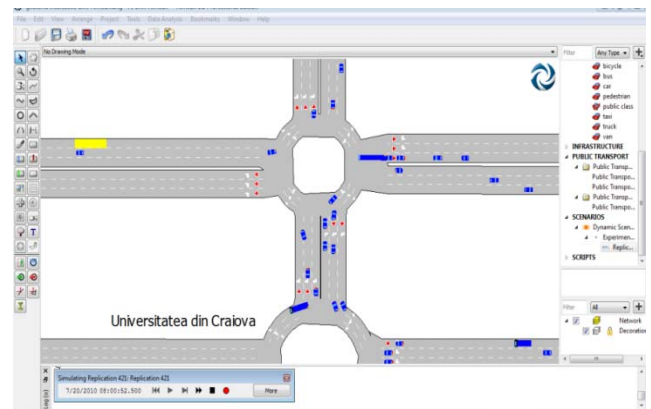


Fig. 3.11. Fluxul de trafic – sens giratoriu.

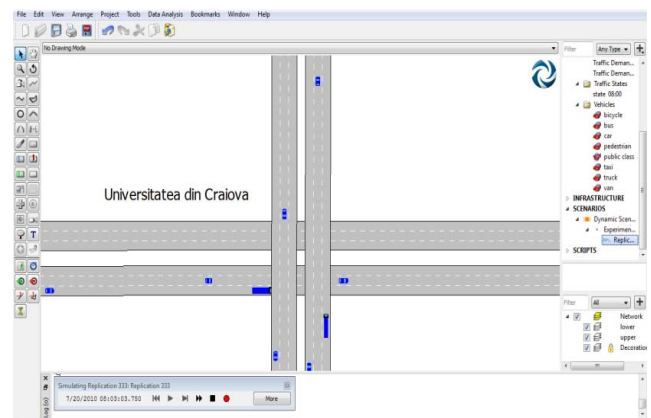


Fig. 3.12. Fluxul de trafic – pasaj supratran.

## ANALIZA, MODELAREA ȘI OPTIMIZAREA CIRCULAȚIEI RUTIERE ÎN ZONA UNIVERSITĂȚII

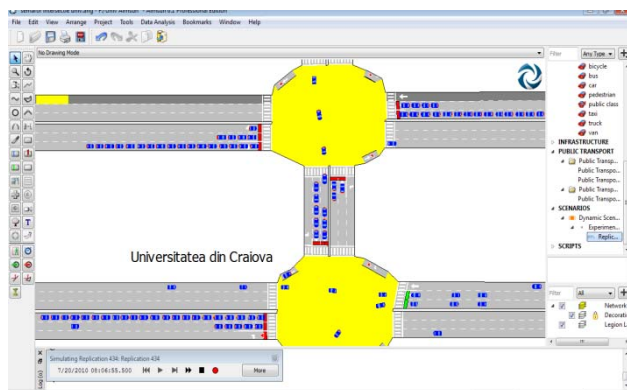


Fig. 3.13. Fluxul de trafic – intersecție semaforizată.

Din figura 3.11 se observă că fluxul de trafic, în cazul reglementării intersecției prin sens giratoriu, este mediu, iar lungimea cozilor de așteptare nu depășește patru autovehicule.

În cazul pasajului suprateran, figura 3.12, fluxul de trafic nu este întrerup la nivelul intersecției, fiind evitate astfel cozile și timpii de așteptare.

Cea de-a treia soluție analizată, respectiv intersecție semaforizată prezintă o aglomerare excesivă a traficului rutier, cu cozi de așteptare de douăzeci de vehicule pentru anumite direcții – în special pentru virajul stânga.

### 5. CONCLUZII

În cadrul studiului de caz, s-a urmărit optimizarea fluxurilor de trafic rutier ce tranzitează intersecția din zona Universității, din orașul Craiova.

Au fost propuse, modelate, simulate și analizate trei variante de reglementare a traficului rutier la nivelul intersecției identificate:

- intersecție în sens giratoriu;
- intersecție semaforizată;
- pasaj suprateran.

În cadrul analizei desfășurate, matricea origine-destinație, numărul și tipul vehiculelor ce tranzitează intersecția au fost considerate asemănătoare pentru fiecare dintre cele trei variante studiate.

Prin compararea rezultatelor obținute în urma modelării și simulării celor trei variante de optimizare a traficului la nivelul intersecției, se poate identifica varianta optimă, din punct de vedere al descongestionării traficului în intersecție, al reducerii timpilor de așteptare a vehiculelor, precum și al scăderii emisiilor poluante generate de autovehiculele ce tranzitează intersecția. Astfel, cele trei variante analizate sunt clasificate mai jos în funcție de cele mai bune rezultate obținute în vederea reducerii timpilor de așteptare:

- pasaj suprateran - varianta optimă;
- intersecție în sens giratoriu;
- intersecție semaforizată.

### BIBLIOGRAFIE

- [1] Florea, D., Preda, I., Enache, V., Ciolan, G., *Sisteme avansate de transport rutier*, Editura Universității Transilvania, Brașov, România, 2007.
- [2] Raicu, Ș., *Sisteme de transport*, Editura AGIR, București, România, 2007.
- [3] Timar, J., *Studii și cercetări privind optimizarea fluxurilor rutiere urbane*, Rezumatul tezei de doctorat, Brașov, România, 2010.

### Despre autori

Prof.univ.dr.ing. **Victor OȚĂT**

Universitatea din Craiova, Facultatea de Mecanică, Craiova, România

Prof. univ. dr. ing. OȚĂT Victor, născut la 16.06.1955 Novaci – Gorj, este absolvent al Facultății de Transporturi, Specializarea Autovehicule Rutiere a Institutului Politehnic București.

Peste 35 de ani dedicați activităților de cercetare și învățământ superior la Universitatea Politehnică București și Universitatea din Craiova în domeniile ingineria autovehiculelor și ingineria transporturilor și traficului, participant direct la realizarea unor laboratoare de referință pentru domeniile respective. Totodată, ocupă și funcția de Vicepreședinte SIAR – Societatea Inginerilor de Autovehicule din România.

Asist.univ.dr.ing. **Oana Victoria OȚĂT**

Universitatea din Craiova, Facultatea de Mecanică, Craiova, România

Asist.univ.dr.ing. Oana Victoria OȚĂT este absolventă a Facultății de Mecanică din Craiova din anul 2010 la specializarea Ingineria Transporturilor și a Traficului, iar în anul 2012 a absolvit programul de masterat Optimizarea Sistemelor de Transport Rutier, în cadrul Facultății de Mecanică din Craiova.

A susținut public teza de doctorat cu titlul „Modele dinamice pentru analiza impactului la vehicule” în luna decembrie 2015, la Universitatea din Craiova.