

ANALIZA VITEZEI DE DEPLASARE A AUTOVEHICULELOR ÎN PERSPECTIVA REALIZĂRII HĂRȚILOR DE ZGOMOT PENTRU AGLOMERĂRI URBANE

Dinu COVACIU, Daniela FLOREA, Ion PREDA, Janos TIMAR, Gh. CIOLAN

*Universitatea Transilvania din Brașov - dinu.covaciu@unitbv.ro,
d.florea@unitbv.ro, pion@unitbv.ro, jamesika_timar@unitbv.ro, c.gicu@unitbv.ro*

Cuvinte cheie: viteză, trafic rutier, zgomot, vehicul martor, GPS

Rezumat: Lucrarea propune o metodă de culegere și analiză a vitezelor de deplasare a autovehiculelor în regim urban, cu aplicații în realizarea hărților strategice de zgomot pentru aglomerări urbane. Metoda se bazează pe utilizarea de dispozitive GPS și parcurgerea repetată a traseelor analizate. Datele culese sunt stocate în fișiere care apoi sunt prelucrate folosind programe dedicate. Se face mai întâi o prelucrare grafică a fișierelor de date, obținându-se date specifice asociate obiectelor CAD, apoi o analiză statistică a datelor respective. Ca rezultat se obțin viteze medii asociate diferitelor segmente de drum, care reflectă și tipul de flux pulsatoriu luat în considerare. Această metodă asigură o acuratețe comparabilă cu măsurarea folosind aparate radar, dar cu costuri mult mai reduse.

1. INTRODUCERE

Zgomotul în aglomerările urbane se datorează în cea mai mare măsură traficului rutier. Pentru a se putea lua măsuri de reducere a zgomotului, acționând eficient asupra surselor de producere a acestuia, se realizează hărți strategice de zgomot.

Harta strategică de zgomot se realizează prin simulare informatică, pe baza unor date de intrare care includ poziția și caracteristicile surselor de zgomot precum și obstacolele care stau în calea propagării zgomotului. Pentru realizarea hărții de zgomot datorat traficului rutier, în România se utilizează metoda națională franceză de calcul – *NMPB Routes-96* [1, 2, 3].

Factorii care influențează zgomotul generat de traficul rutier sunt: numărul și viteza de deplasare ale autovehiculelor (împărțite în două categorii: grele și ușoare, limita dintre categorii fiind la 3,5 tone), calitatea drumului, panta și tipul fluxului rutier.

Această lucrare tratează modul de înregistrare și analiză a vitezelor de deplasare a autovehiculelor, în condiții de trafic urban.

2. CONSIDERAȚII TEORETICE

2.1. Influența vitezei asupra zgomotului produs de un autovehicul în mers

Viteza unui autovehicul influențează zgomotul produs de acesta conform diagramei din figura 1 (după metoda națională franceză) [1]. Se observă că zgomotul produs nu este direct proporțional cu viteza autovehiculului, ci scade până la 40-50 km/h pentru vehicule ușoare și până la 50-70 km/h pentru vehicule grele, urmând ca apoi să crească. Aceasta deoarece zgomotul produs de autovehicule are mai multe componente: zgomotul motorului, zgomotul de rulare, zgomotul aerodinamic (la viteze mari).

Metodele de estimare a vitezelor de deplasare recomandate de literatura de specialitate [2] sunt:

1. se măsoară viteza autovehiculelor din fluxul de trafic rutier cu ajutorul unui radar;
2. se măsoară timpul necesar autovehiculelor pentru a parcurge o porțiune de drum de lungime aleasă, iar apoi se calculează viteza medie a fluxului de trafic;
3. se determină viteza medie a fluxului de trafic, conducând un vehicul martor care participă la trafic;
4. se utilizează viteza limită legală;
5. se face o apreciere a vitezei medii a fluxului de trafic rutier pe baza unor experiențe acumulate la alte drumuri de același tip.

În funcție de metoda aleasă se va realiza o acuratețe mai mare sau mai mică a calculului. Metodele sunt enumerate mai sus în ordinea descrescătoare a acurateței asigurate. Metodele care asigură o acuratețe mai bună implică și costuri mai mari.

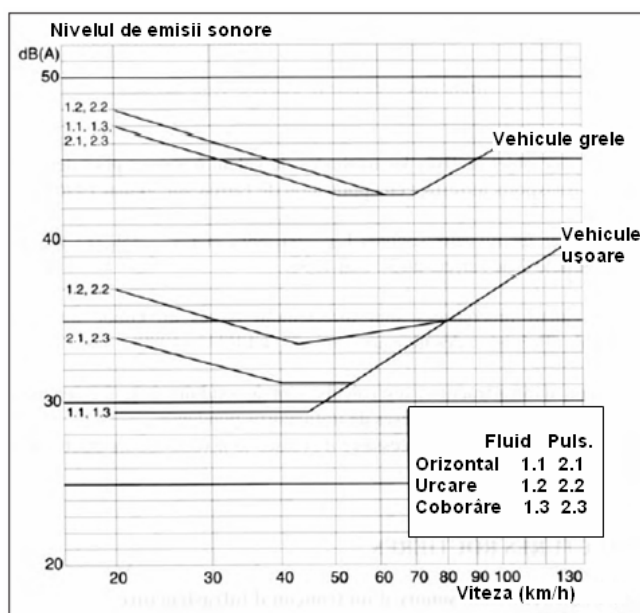


Figura 1: Influența vitezei autovehiculului asupra zgomotului produs

2.2. Determinarea vitezei medii a fluxului de trafic rutier

Întrucât situațiile în care traficul este congestionat sunt recurente și deci pot influența puternic calculul emisiilor sonore se recomandă utilizarea unor date precis determinate pornind de la caracterul statistic al variației vitezelor de deplasare [4]. În acest caz ideal ar fi să se determine valoarea V50 (mediana vitezelor) sau valoarea V85 (viteza atinsă sau depășită de 85% dintre autovehicule pentru o perioadă dată de observare - ideal ar fi o oră).

Mișcarea aleatoare a unui autovehicul poate fi descrisă cel mai bine statistic [4]. În acest scop trebuie realizate măsurători care să permită obținerea curbelor de variație în funcție de timp a mărimilor cinematice și în special a vitezei.

Pentru determinarea vitezelor reale de deplasare într-un număr mare de locații s-a constatat că metoda optimă este parcurgerea traseelor cu **vehicul martor**.

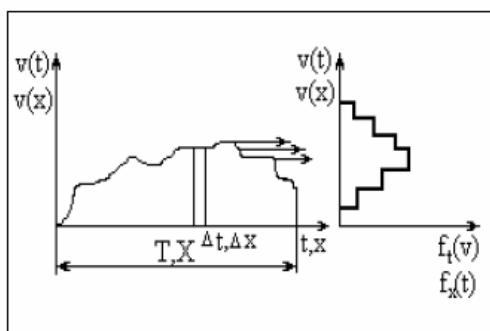


Figura 2: Curba frecvențelor absolute de repartiție a vitezelor unui autovehicul

Dacă se măsoară viteza în m intervale de spațiu și se trasează diagrama corespunzătoare, figura 2, într-un sistem de coordonate, se obține frecvența absolută de repartiție a vitezei autovehiculului cercetat pe durata T sau distanța X .

Pentru descrierea distribuțiilor valorilor empirice ale frecvențelor vitezei se utilizează metode statistice. În general, este suficient dacă se calculează media aritmetică și dispersia, respectiv abaterea pătratică medie (abaterea standard).

Determinarea valorii medii a vitezei se face conform relației (1).

$$\bar{v}_t = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^k m_i \cdot v_i \quad (1)$$

Dispersia vitezei și abaterea medie pătratică se calculează cu ajutorul relațiilor (2) și respectiv (3).

$$\sigma^2(v_t) = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^k m_i (v_i - \bar{v}_t)^2 \quad (2)$$

$$\sigma(v_t) = \sqrt{\sigma^2(v_t)} \quad (3)$$

Aceste relații au fost implementate în aplicația software utilizată pentru determinarea experimentală a vitezei autovehiculului.

3. DETERMINAREA EXPERIMENTALĂ A VITEZEI VEHICULULUI MARTOR

Vehiculul martor a parcurs traseele analizate în mod repetat pentru a se determina cu o precizie sporită viteza medie pe traseu și pe fiecare segment al traseului.

Înregistrările au fost făcute cu două tipuri de dispozitive GPS [5], *Holux GPS-Logger M-241* și *Garmin GPSmap 60CSx*, acestea având o rată de înregistrare a datelor de 5 secunde și respectiv 1 secundă (figura 3).



Figura 3: Dispozitive GPS utilizate pentru înregistrarea datelor
stânga – Holux GPS-Logger M-241; dreapta – Garmin GPSmap 60CSx

Dispozitivul GPS înregistrează poziția autovehiculului (latitudine, longitudine, altitudine) și timpul (la intervale de 5 secunde și respectiv 1 secundă). Aceste date sunt stocate în fișiere de tip *txt* (Holux) sau *gpx* (Garmin) [6].

Pentru prelucrarea datelor înregistrate s-a realizat o aplicație AutoLISP care citește fișierele *txt* sau *gpx*, calculează poziția în coordonate *x, y* pentru fiecare înregistrare, desenează punctele respective în AutoCAD și asociază obiectelor geometrice (puncte și linii) datele măsurate și cele calculate.

În desenul AutoCAD, traseele înregistrate și vitezele asociate fiecăruia sunt reprezentate ca în figura 4.

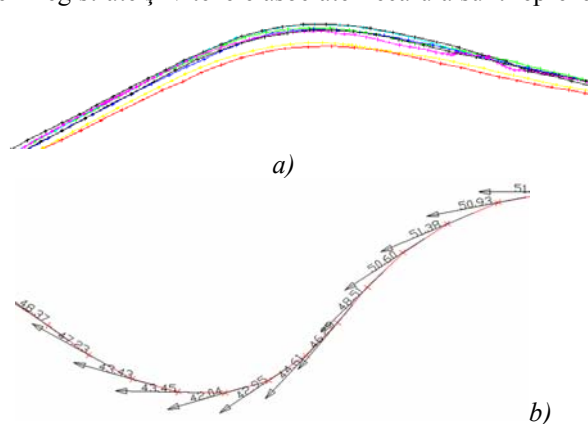


Figura 4: Reprezentarea traseului parcurs în AutoCAD
a – traseu obținut prin mai multe treceri; b – marcarea vitezelor calculate pentru fiecare interval de măsurare

Un traseu înregistrat este reprezentat în AutoCAD printr-o succesiune de linii și puncte, conectate între ele atât geometric, cât și prin datele proprietare asociate, formând o înlănțuire logică de tip listă [5]. Pentru fiecare punct și linie din traseu se asociază date ca în figura 5.

```
Point:
(("vzk" . 14.2306) ("type" . "gps_point") ("Time" MAY 13 2008
07:06:05) ("Long" . 25.5987) ("line2" . "128C") ("line1" .
"1275") ("Lat" .
45.6448) ("id_traseu" . "1") ("id_point" . 195) ("Alt" . 603.91))

Line:
(("Viteza" . 9.50302) ("VerLen" . -0.79) ("type" . "gps_line")
("TimeSec" . 5) ("p2" . "126C") ("p1" . "1255") ("Length" .
13.1986)
("id_traseu" . "1") ("HorLen" . 13.175))
```

Figura 5: Datele asociate în liste obiectelor geometrice (puncte și linii) din traseul înregistrat

Pentru fiecare segment dintr-un traseu analizat se asociază datele determinate din mai multe măsurători ca în figura 6. Se poate observa apariția repetată a unor subliste care conțin viteza, panta, data și ora pentru fiecare înregistrare. Un segment din traseul analizat corespunde mai multor puncte din traseele înregistrate. Segmentarea traseului analizat se face în funcție de variațiile așteptate ale fluxului rutier, adică în funcție de intersecții, treceri de pietoni, marcaje rutiere care duc la modificări de viteză. Atunci când este cazul se ține seama de curbura drumului. De exemplu, dacă parcurgerea segmentului se face în 30 de secunde, pentru calculul vitezei medii se vor utiliza 30 de valori dintr-un traseu înregistrat la interval de 1 secundă.

```
AutoCAD Text Window - D:\Tg_Mures\ GIS\GIS_strazi_all_S70_plot.dwg
Edit
Command: RENT
Select object: ((("type" . "gps_line") ("seg_strada" . "1dec_1") ("seg_latime" .
"15") ("seg_id" . 12) ("seg_asfalt" . "as") ("p2" . "5E1DD1") ("p1" . "5E1DCD")
("lvined" . (21.6667 9.3507 (DEC 4 2008 15:58:43)) (37 0 8 41301 (DEC 19 2008
18:25:02)) (17.6667 14.9935 (DEC 24 2008 21:08:30)) (24.25 4.18905 (DEC 31 2008
08:45:37)) (25.8571 17.764 (JAN 1 2009 19:20:19)) (15.6444 0.0493987 (11 28
2008 09:21:50)) (26.1818 0.133767 (12 26 2008 14:51:39)) (19.9091 0.142099 (12
29 2008 14:23:01)) (17.9565 0.0 (3 11 2009 14:55:04)) (28.4737 0.0 (3 11 2009
15:31:51)) (46.5714 0.0 (3 11 2009 18:44:28)) (39.3636 0.0 (3 11 2009
20:21:42)) (24.0 0.0 (3 12 2009 11:58:26)) (13.9677 0.0 (3 12 2009 14:13:13))
(23.0 0.0 (3 12 2009 15:36:48)) (28.4615 0.0 (3 12 2009 18:53:47)) (26.0556 0.0
(3 12 2009 20:13:52)) (48.7143 0.0 (3 12 2009 20:27:55)) (28.2632 0.0 (3 13
2009 08:51:03))) ("Length" . 119.868) ("id_traseu" . "t02") ("HorLen" .
119.868))
Command:
```

Figura 6: Datele asociate obiectelor geometrice (linii) din traseul analizat

Pe baza datelor asociate segmentelor de drum se pot obține reprezentări grafice ale vitezei în funcție de timp sau de spațiu (figurile 7 și 8). Pentru aceeași parcurgere a traseului, viteza se poate prezenta atât în funcție de spațiu, ca în figura 7.a, cât și în funcție de timp, ca în figura 7.b.

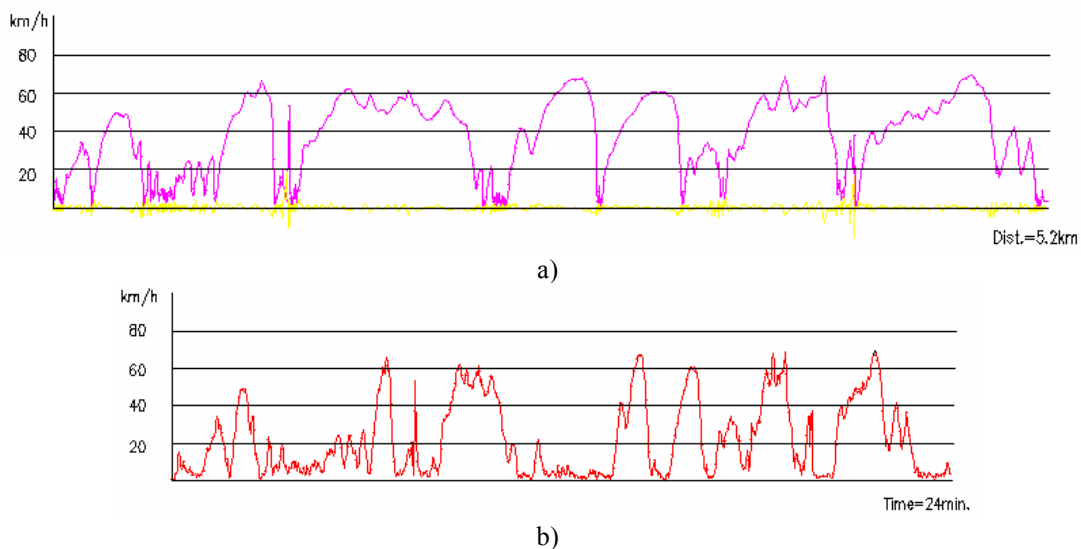


Figura 7: Reprezentarea vitezei: a – în funcție de spațiu; b – în funcție de timp

În graficul din figura 8 este reprezentată evoluția vitezei pe același traseu parcurs de mai multe ori. În acest exemplu nu valorile sunt importante, ci evoluția vitezei în funcție de spațiu. Se pot remarca opririle la intersecții, care sunt înregistrate însă în locuri diferite în funcție de poziția aleatoare a vehiculului în șirul de așteptare.

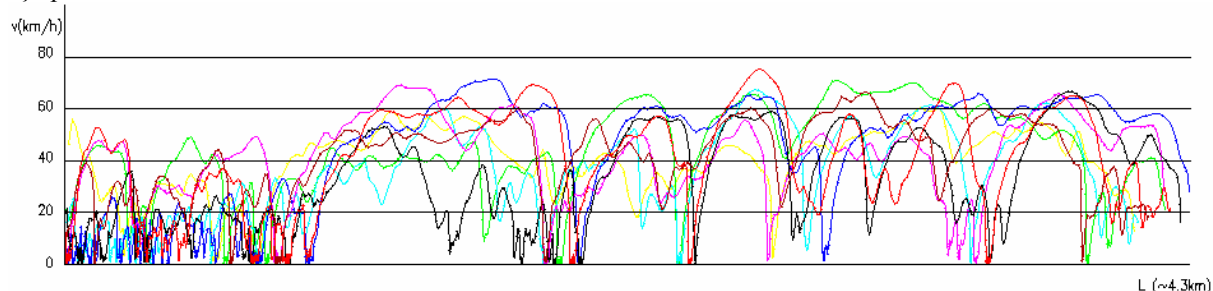


Figura 8: Evoluții ale vitezei în funcție de spațiu

Tronson	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Medie tot.
1-2 Calea Buc.	35.6	44.0	35.3	33.8	35.4	35.5	49.4	31.3	35.7	37.3
2-3	43.7	45.0	41.6	31.2	42.1	38.9	51.0	49.8	38.9	42.5
3-4	37.7	42.5	45.4	16.0	35.2	36.6	14.9	50.9	36.6	35.1
4-5 Sp.Jud-Toamnei	32.2	41.3	44.9	27.0	31.4	29.7	22.6	31.7	21.2	31.3
5-6 Toamnei	29.5	23.1	22.9	26.4	29.4	17.8	23.4	20.4	21.5	23.8
6-7 Kogalniceanu	36.0	43.3	44.7	39.0	35.9	30.8	33.6	41.7	35.6	37.8
7-8 I.Maniu	38.3	22.6	47.9	17.2	37.5	41.2	33.0	36.7	39.5	34.9
8-9 Castanilor	27.4	19.2	21.6	20.7	27.4	11.1	33.0	13.4	19.6	21.5

Figura 9: Vitezele medii pe segmentele unui traseu

	Dist	Durata (sec)	Vit.m/s	Vit.km/h
1	5473	901	6.07	21.87
2	5418	1143	4.74	17.06
3	5619	1340	4.19	15.10
4	5643	1123	5.02	18.09
5	5535	1434	3.86	13.90
6	5465	997	5.48	19.73
7	5624	1514	3.71	13.37
8	5364	934	5.74	20.67
1	4147	509	8.15	29.33
2	4264	637	6.69	24.10
3	4159	808	5.15	18.53
4	4359	852	5.12	18.42
5	4262	570	7.48	26.92
6	4324	948	4.56	16.42
7	4202	532	7.90	28.43
8	4286	794	5.40	19.43

Figura 10: Vitezele medii pe un întreg traseu

Pentru exemplificare, în figura 9 sunt prezentate vitezele medii determinate după 9 treceri (coloanele tabelului) pentru toate segmentele care alcătuiesc un traseu analizat. Datele statistice obținute pentru un alt traseu, parcurs în ambele sensuri de câte 8 ori, sunt prezentate în figura 10. Se pot remarca valorile reduse ale vitezei medii realizate pentru întregul traseu precum și variațiile însemnate ale vitezei în funcție de ziua și ora de parcurgere: de ex. timpul cel mai lung (1514 s) este cu 68 % mai mare față de cel mai scurt (901 s).

4. CONCLUZII

Valorile obținute experimental sunt mult diferite de viteza legală de circulație, și diferă destul de mult între diferitele segmente ale unui traseu parcurs. Deci utilizarea metodelor 4 și 5 de la punctul 2.1 nu sunt recomandate. Timpul de parcurgere al unui segment variază între 50 și 100 de secunde, deci utilizarea

dispozitivelor cu interval de înregistrare de 1- 5 secunde oferă o acuratețe destul de bună (se obțin între 10 și 100 de înregistrări pentru un segment de drum).

Metoda propusă este o combinație a metodelor 2 și 3 de la punctul 2.1, oferind o acuratețe în estimarea zgomotului generat cel puțin corespunzătoare metodei 2 (adică < 0.5 dB).

Măsurarea vitezei cu ajutorul autovehiculului martor este preferabilă metodei 1 (măsurarea cu aparate radar) și din cauza costurilor mult mai mici, dar și datorită timpului total mai mic necesar pentru estimarea vitezelor de deplasare pentru un întreg oraș.

De asemenea, din figura 8 rezultă că pentru deplasarea prin oraș se poate utiliza tipul de flux „pulsatoriu continuu”, adică pe parcursul fiecărui segment de drum autovehiculele accelerează și frânează, fără ca accelerarea sau frânarea să fie preponderentă. Pe nomograma din figura 1 (ce permite estimarea nivelului de zgomot în funcție de viteză), acest tip de flux corespunde diagramelor 2.1, 2.2 sau 2.3, în funcție de panta drumului. Rezultă încă o dată avantajul utilizării vitezelor medii diferite, corespunzătoare fiecărui segment, față de adoptarea unei viteze uniforme pentru tot traseul sau chiar întregul oraș (de exemplu viteza maximă legală).

Se poate aprecia așadar că sistemele GPS profesionale sau chiar comerciale pot fi utilizate cu succes pentru măsurarea vitezelor de deplasare ale autovehiculelor, atât în analiza fluxurilor de trafic cât și în studii și mai complexe, precum cele de estimare a nivelului poluării sonore în anumite zone urbane. Metoda prezentată în această lucrare a fost utilizată cu succes de către un colectiv al Catedrei de Autovehicule și Motoare a Universității Transilvania din Brașov la realizarea hărții strategice de zgomot datorat traficului rutier a municipiului Târgu-Mureș.

Bibliografie

- [1] *** *Comment réaliser les cartes de bruit stratégiques en agglomération*. Mettre en oeuvre la directive 2002/49/CE, CERTU 9, rue Juliette Récamier 69456 Lyon – France, Reference 58, ISSN: 1263-3313, <http://www.certu.fr>.
- [2] *** OM 1830/2007 pentru aprobarea *Ghidului privind realizarea, analizarea și evaluarea hărților de zgomot*.
- [3] *** OM 678 / 1344 / 915 / 1397 din 2006 pentru aprobarea *Ghidului privind metodele interimare de calcul a indicatorilor de zgomot pentru zgomotul produs de activitățile din zonele industriale, de traficul rutier, feroviar și aerian din vecinătatea aeroporturilor*.
- [4] Florea D.: *Managementul traficului rutier*, Ediția a II-a, Editura Universității “Transilvania” din Brașov, 2000, ISBN 973 –9474-55-1.
- [5] Covaciu D., Florea D., Preda I., Timar J., *Using GPS Devices For Collecting Traffic Data*, SMAT2008 International Conference, Craiova, 2008
- [6] *** CEEX X2C28/2006 Proiect – Saighid: *Servicii Avansate de Informare și GHIDare pentru conducători auto și călători utilizând hărți digitale (Advanced Services for drivers and travelers information and guiding, using digital maps)*.