A XIII-a Conferinţă Naţională multidisciplinară – cu participare internaţională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii româneşti",
SEBEŞ, 2013

TEHNICA FUZZY – MIJLOC DE EVALUARE A POLUĂRII SONORE ÎN MUNICIPIUL BISTRIŢA

Mariana ARGHIR, Sorin Constantin MACOVESCU

FUZZY TECHNIQUE – EVALUATION METHOD OF NOISE POLLUTION IN THE BISTRIŢA MUNICIPALITY

This paper contains a new method for the noise pollution study based on the fuzzy technique, applied to the Bistriţa municiplaity. This method was not used until this moment for the noise study, but this is a very good method because it is a non invasive method end can be applied with succeful for the noise pollution study. This aspect will be demonstrate in this paper.

Cuvinte cheie: poluare sonoră, tehnica fuzyy, metoda neinvazivă
Keywords: pollution sound, fuzyy technique, method noninvasive

1. Introducere

Noţiunea de *mulţime vagă* a fost introdusă din 1965 sub denumirea de *mulţime "fuzzy",* care care în traducere înseamnă mulţime *neclară, estompată* şi se foloseşte cu sensul de *vag, imprecis*. Mulţimile fuzzy şi în general conceptele fuzzy au apărut din necesitatea de a exprima cantitativ "vagul", "imprecisul". Deşi există numeroase ramuri ale matematicii mai vechi decât teoria mulţimilor fuzzy [1], care se ocupă cu studiul proceselor de natură aleatoare: teoria probabilităţilor, statistica matematică, teoria informaţiei şi altele, nu se pot face substituţii între acestea şi teoria mulţimilor fuzzy.

Pornind de la concepţia clasică cu privire la mulţime şi element al unei mulţimi, se poate susţine că noţiunea de *mulţime fuzzy*

reprezintă o abordare dintr-un unghi diferit a conceptului de mulţime, mai precis, între apartenenţa unui element la o mulţime şi nonapartenenţă există o serie de situaţii tranzitorii, de natură continuă, caracterizate de aşa-numitele *grade de apartenenţă*.

Pentru descrierea fuzzy a unor fenomene şi procese, aplicaţiile $m_F(x)$ pot admite diferite exprimări analitice. Câteva dintre acestea sunt consacrate în aplicaţii datorită unor facilităţi legate de calculabilitate şi uşurinţa implementării hardware/software.

2. Determinarea impactului poluantului sonor asupra omului utilizând mulţimi fuzzy

Poluarea sonoră este o caracteristică semnificativă a aglomerărilor urbane cu efecte nocive asupra omului. Evaluarea gradului de poluare sonoră a devenit un desiderat major pentru autorităţile locale care trebuie să întreprindă măsuri ferme pentru reducerea poluării acustice.

Guvernul României prin Ordinul nr. 678/2006, a adoptat metodele de calcul a indicatorilor de zgomot, pentru zgomotul provocat de traficul rutier, feroviar, aerian şi de activităţile industriale, metode recomandate de Uniunea Europeană. De asemenea sunt prezentate liniile directoare privind realizarea hărţilor strategice de zgomot. În acest context se pune şi problema estimării numărului de locuitori expuşi la diferite nivele de zgomot. Nu este prezentată însă o metodă care să permită evaluarea impactului poluării sonore asupra rezidenţilor din zonele afectate.

Se propune o metodă de evaluare a impactului poluării sonore asupra factorului uman, metodă care utilizează tehnici specifice mulţimilor fuzzy.

Mulţimile fuzzy oferă posibilitatea definirii unor sisteme decizionale de tip multiatribut care pot să ia în considerare mai mulţi factori (criterii) a căror evaluare prezintă un înalt grad de incertitudine. În cazul nostru aceşti factori sunt: *intensitatea traficului* şi *densitatea populaţiei*. De asemenea există posibilitatea conectării acestora prin operatori specifici mulţimilor fuzzy, astfel încât ieşirea din sistemul decizional, *indicatorul de impact*, să reflecte influenţa cumulată a mărimilor de intrare [2].

2.1. Etapele de evaluare a impactului poluantului sonor specifică tehnicii fuzzy

Etapele care trebuie parcurse pentru desfăşurarea procesului decizional bazat pe mulţimi fuzzy vor fi descrise în cele ce urmează.

1. Stabilirea mărimilor de intrare (criteriilor) în raport cu care se va face determinarea Indicatorului de Impact (II)

Mărimile de intrare în raport cu care se face determinarea Indicatorului de Impact sunt: *Intensitatea Traficului (IT)* şi *Densitatea Populaţiei (DP)*. Acestea formează mulţimea criteriilor de evaluare:

$$IN = \{IT\,DP\} \tag{1}$$

2. Definirea domeniului de valori pentru fiecare criteriu de evaluare

Fiecărei mărimi de intrare se asociază un domeniu de variaţie, în interiorul căruia se pot regăsi valorile specifice acesteia. Aceste domenii de valori vor fi:

$$\begin{aligned} IT : D_{IT} &= [L_{IT}^{inf}, L_{IT}^{sup}] \\ DP : D_{DP} &= [L_{DP}^{inf}, L_{DP}^{sup}] \end{aligned} \tag{2}$$

unde, L^{inf}, L^{sup} sunt limita inferioară respectiv limita superioară a domeniului de valori asociat fiecărei mărimi de intrare. Pentru municipiul Bistriţa s-a luat în considerare traficul şi distribuirea populaţiei de pe str. Andrei Mureşănu şi de pe B-dul Decebal, care vor fi prezentate In studiu de caz.

3. *Definirea variabilei lingvistice asociate fiecărei mărimi de intrare*

Fiecărei mărimi de intrare i se asociază o variabilă lingvistică. Pentru simplificare, variabila lingvistică va avea aceiaşi denumire ca şi mărimea de intrare. Astfel mărimile de intrare IT,DP devin variabile lingvistice de intrare.

4. Stabilire gradelor lingvistice asociate fiecărei variabile lingvistice

Pentru fiecare variabilă lingvistică de ieşire se definesc gradele lingvistice (s-au stabilit 6 grade lingvistice, se consideră criptat [6]) sau termeni lingvistici (s-au stabilit 5 termeni lingvistici, se consideră criptat [5]). Acestea vor servi la caracterizarea “vagă” a informaţiilor ferme.

5. Definirea mărimii de ieşire din procesul decizional

Mărimea de ieşire din procesul decizional este Indicator de Impact (II).

6. Stabilirea domeniului de valori al mărimii de ieşire

Domeniul de valori al mărimii de ieşire Indicator de Impact (II) este următorul:

$$II : D_{II} = [L_{II}^{inf}, L_{II}^{sup}] \quad (3)$$

7. Definirea variabilei lingvistice corespunzătoare mărimii de ieşire

Mărimii de ieşire Indicator de Impact (II) i se asociază variabila lingvistică Indicator de Impact (II).

8. Stabilire gradelor lingvistice asociate fiecărei variabile lingvistice corespunzătoare mărimii de ieşire

Pentru variabila lingvistică asociată mărimii de ieşire se definesc gradele lingvistice (5 grade linvistice, se consideră criptat [5]) sau termeni lingvistici (5 termeni lingvistici, se consideră criptat [5]). Acestea vor caracteriza "vag" informaţiile rezultate în urma procedurilor de inferenţă, conform definiţiei Mamdari adopotate.

9. Stabilirea metodei de conectare a diverselor valori ale funcţiilor de apartenenţă. Maşina de inferenţă

Mulţimea variabilelor lingvistice şi a gradelor lingvistice, cărora li s-au asociat funcţii de apartenenţă, caracterizează „vag", valorile ferme ale mărimilor de intrare, respectiv ale mărimii de ieşire. Maşina de inferenţă este formată dintr-un set de reguli de forma:

DACĂ (*premiza*) ATUNCI (*concluzia*) (4)

Premiza – este o proprietatea constatată [5,5] rezultată în urma conectării, prin proceduri specifice teoriei mulţimilor fuzzy, a diverselor grade lingvistice asociate variabilelor lingvistice corespunzătoare mărimilor de intrare. În cazul procedurii de decizie care urmează să fie descrisă s-a folosit conectorul ŞI [5,5].

Concluzia – este proprietatea afirmată si va fi exprimată prin grade lingvistice asociate variabilelor lingvistice corespunzătoare mărimii de ieşire.

10. Stabilirea metodei de defuzzyficare

Prin defuzzyficare se înţelege operaţia de obţinere a unei valori ferme ("crisp") a mărimii de ieşire, pe baza funcţiei de apartenenţă "rezultat" al inferenţelor fuzzy [5]. Din multitudinea de metode de defuzzyficare existente [5,5], se va utiliza metoda centrului de greutate, metoda cea mai aplicată în practică.

2.2.Sistemul de evaluare a poluării sonore, bazat pe tehnica fuzzy

Sistemul de evaluare bazat pe mulţimi fuzzy, implementat în *Toobox Fuzzy Logic* din mediul de programare *Matlab,* este cel prezentat în figura 1.

```
[System]
Name='EVALUARE'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=2
NumOutputs=1
NumRules=25
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
Name='IntensitateTrafic'
Range=[20 100]
NumMFs=5
MF1='fm':'trapmf',[-40 -20 20 40]
MF2='m':'trimf',[0 10 20]
MF3='Md':'trimf',[10 20 40]
MF4='I':'trimf',[20 40 80]
MF5='FI':'trapmf',[40 80 160]

[Input2]
Name='DensitatePopulatie'
Range=[0 1000]
NumMFs=5
MF1='fm':'trapmf',[-225 -25 25 225]
MF2='m':'trimf',[0 250 500]
MF3='Md':'trimf',[250 500 750]
MF4='M':'trimf',[500 750 1000]
MF5='FM':'trapmf',[775 975 1025 1225]
```

Mărimile de intrare sunt: *Intensitatea Traficului (IT)* şi *Densitatea Populaţiei (DP)*. Domeniile în care cele două mărimi iau valori sunt:

$$\begin{aligned} IT &: D_{IT} = [0,90] \\ DP &: D_{DP} = [0,1000] \end{aligned} \tag{5}$$

Variabilele lingvistice asociate celor doua mărimi sunt *Intensitatea Traficului (IT)* şi *Densitatea Populaţiei (DP)*. Variabila lingvistică *Intensitatea Traficului (IT)* are asociate următoarele grade

lingvistice: *foarte mic* (fm); *mic* (m); *mediu* (Md); *intens* (I); *foarte intens* (FI).

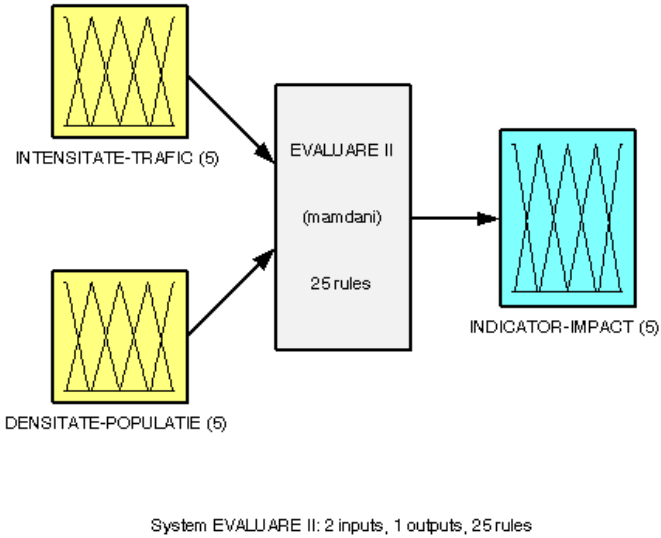

Fig. 1 Sistemul de evaluare bazat pe mulţimi fuzzy

Variabila lingvistică *Densitate Populaţie (DP)* are asociate următoarele grade lingvistice: *foarte mică* (fm); *mică* (m); *medie* (Md); mare (M); *foarte mare* (FM).

Variabilei de ieşire *Indicator de Impact* (II) ii corespund gradele lingvistice şi funcţiile de apartenenţă asociate fiecărui grad lingvistic. Grade lingvistice sunt: *foarte mic* (fm); *mic* (m); *mediu* (Md); *mare* (M); *foarte mare* (FM).

Mărimile de intrare se găsesc în figura 2, iar mărimea de ieşire se găseşte în figura 3, pentru care s-au folosit reprezentările triunghiulare, care se pretează perfect în acest studiu.

Motorul de inferenţă este compus din 25 de reguli de forma:

1. If (IntensitateTrafic is fm) and (DensitatePopulatie is fm) then (Impact is fm)
2. If (IntensitateTrafic is fm) and (DensitatePopulatie is m) then (Impact is fm)
3. If (IntensitateTrafic is fm) and (DensitatePopulatie is Md) then (Impact is m)
4. If (IntensitateTrafic is fm) and (DensitatePopulatie is M) then (Impact is m)
5. If (IntensitateTrafic is fm) and (DensitatePopulatie is FM) then (Impact is Md)
6. If (IntensitateTrafic is m) and (DensitatePopulatie is fm) then (Impact is fm)
7. If (IntensitateTrafic is m) and (DensitatePopulatie is m) then (Impact is m)
8. If (IntensitateTrafic is m) and (DensitatePopulatie is Md) then (Impact is Md)

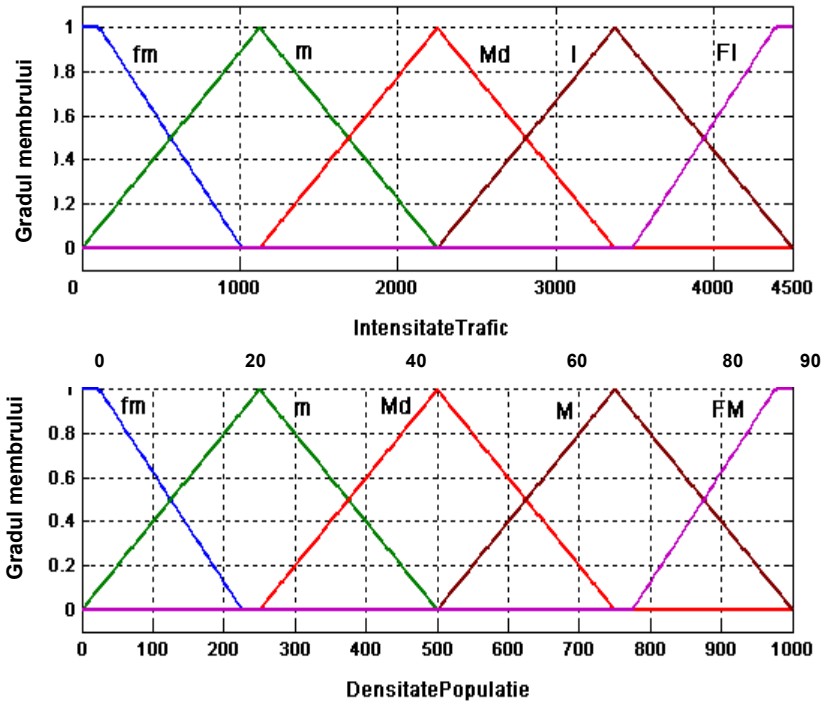

Fig. 2 Mărimi de intrare

9. If (IntensitateTrafic is m) and (DensitatePopulatie is M) then (Impact is Md)
10. If (IntensitateTrafic is m) and (DensitatePopulatie is FM) then (Impact is M)
11. If (IntensitateTrafic is Md) and (DensitatePopulatie is fm) then (Impact is m)
12. If (IntensitateTrafic is Md) and (DensitatePopulatie is m) then (Impact is Md)
13. If (IntensitateTrafic is Md) and (DensitatePopulatie is Md) then (Impact is Md)
14. If (IntensitateTrafic is Md) and (DensitatePopulatie is M) then (Impact is M)
15. If (IntensitateTrafic is Md) and (DensitatePopulatie is FM) then (Impact is M)
16. If (IntensitateTrafic is I) and (DensitatePopulatie is fm) then (Impact is m)
17. If (IntensitateTrafic is I) and (DensitatePopulatie is m) then (Impact is Md)
18. If (IntensitateTrafic is I) and (DensitatePopulatie is Md) then (Impact is M)
19. If (IntensitateTrafic is I) and (DensitatePopulatie is M) then (Impact is FM)
20. If (IntensitateTrafic is I) and (DensitatePopulatie is FM) then (Impact is FM)
21. If (IntensitateTrafic is FI) and (DensitatePopulatie is fm) then (Impact is Md)
22. If (IntensitateTrafic is FI) and (DensitatePopulatie is m) then (Impact is M)
23. If (IntensitateTrafic is FI) and (DensitatePopulatie is Md) then (Impact is M)
24. If (IntensitateTrafic is FI) and (DensitatePopulatie is M) then (Impact is FM)
25. If (IntensitateTrafic is FI) and (DensitatePopulatie is FM) then (Impact is FM)

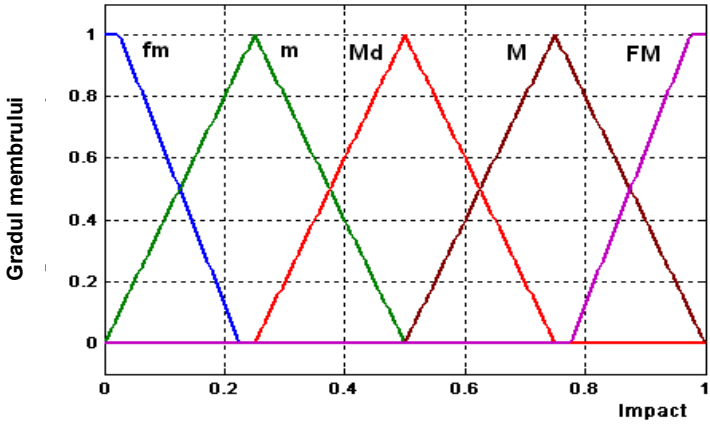

Fig. 3 Mărimea de ieşire

3. Studiu de caz

Pentru evaluarea propriu-zisă a indicatorului de impact în s-au identificat 13 puncte de pe raza municipiului Bistrita, în care intensitatea traficului a fost determinată prin numărarea autovehiculelor pe durata unei zile. De asemenea, s-a estimat densitatea populaţiei (rezidenţilor) din punctele (zonele) respective. Aceste date, intrările în sistemul de evaluare, sunt prezentate în tabelul 1 (Datele de intrare în sistemul de evaluare)

Tabelul 1

Punct	Numele străzii	IT	DP
1	Str. Andrei Mureşanu, intersecţia cu Năsăudului	63	450
2	Str. Andrei Mureşanu, vis à vis de blocul Lamă	57	200
3	Str. Andrei Mureşanu, în faţa mag. Ady Lux	48	870
4	Str. Andrei Mureşanu, în faţa TBI	82	540
5	Str. Andrei Muresanu, în faţă la SC Rapid SA	71	245
6	Str. Andrei Mureşanu, în intersecţia de la Apollo	91	350
7	B-dul Decebal vis à vis de optica medicală	53	720
8	B-dul Decebal, intersecţia de la Mag. Motovelo	68	520
9	B-dul Deceba, în faţa magazinului Caraiman	56	630
10	B-dul Decebal, Casei de Ajutor Reciproc ACCES	44	440
11	B-dul Decebal, mag. Bispan, str. Lalelelor	54	380
12	B-dul Decebal, în faţa la Romextera Bank	44	810
13	B-dul Decebal, vis à vis de Win Markt	30	690

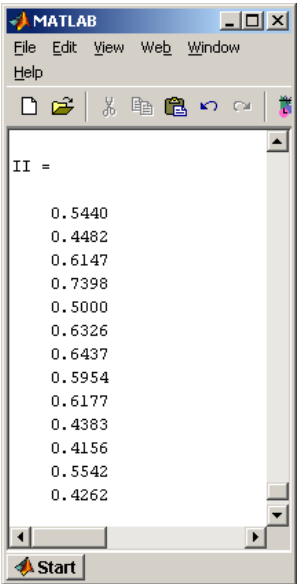

Fig. 4 Indicatorul de Impact

Se aplică sistemul de evaluare pentru cele treisprezece seturi de intrări şi se obţin valorile Indicatorului de Impact, care se prezintă în figura 4 şi reprezintă mărimea de ieşire din aplicarea mulţimii fuzzy. Din analiza rezultatelor obţinute, se constată că **Indicatorul de Impact** are valoarea maximă în punctul 4, care corespunde str. Andrei Mureşanu în faţa TBI. Figura 5 conţine regulile de interferenţa pentru IT şi DP. Observaţie: Datele sunt informative.

4. Concluzii

Utilizarea mulțimii fuzzy pentru studierea poluantului sonor cu impact asupra populaţiei este o procedură nouă, dar deosebit de eficace în acest studiu, după cum rezultă şi din cele prezentate mai sus.

Metoda propusă poate oferi informaţii utile factorilor de decizie în identificarea zonelor urbane cu înalt grad de poluare fonică şi riscul ca acesta să afecteze populaţia.

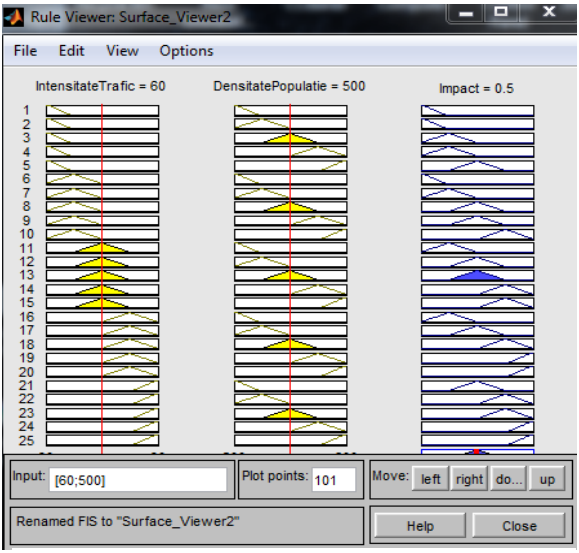

Fig. 5 Reguli de interferenţă

Dezvoltările ulterioare ale metodei vor ţine seama de „rafinarea” mărilor de intrare: diferenţierea tipului de trafic (greu, uşor), diferenţierea populaţiei (rezidenţi, persoane aflate la locul de muncă). Acestea vor permite creşterea acurateţei rezultatelor.

Metoda indicată în acest capitol este o metodă rapidă şi

foarte eficientă de a stabili modul în care poluarea sonoră afectează populaţia dintr-o anumită zonă a municipalităţii şi a modului în care traficul mai intens sau mai puţin intens poate să contribuie la un disconfort considerabil.

BIBLIOGRAFIE

[1] Arghir, Mariana, *Sound Pollution Evaluation Based on Fuzzy Techniques*, Acta Technica Napocensis, Series: Applied Mathematics and Mechanics, Vol. 56, Issue I, pag. 7 – 12, ISSN 1221-5872, Editura UTPres, Cluj-Napoca.
[2] Arghir, Mariana, Macovescu, S.C., *A New Method for The Assessment of Noise Pollution in Urban Agglomerations*, International Conference GAMM 2013, Novi Sad, Serbia.

Prof. Dr. Ing. Mariana ARGHIR,
Conf. Dr. Ing. Sorin Constantin MACOVESCU
Mecanică şi Programare, Facultatea de Construcţii de Maşini,
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca,
e-mail: mariananaarghir@yahoo.com,
telefon: 0264 401657
membri AGIR