

APPLICAZIONE DELL'INDICE HARMONICA AL RUMORE STRADALE URBANO

Giovanni Brambilla (1), Roberto Benocci (2), Giovanni Zambon (2)

1) CNR-INM Sez. Acustica e Sensoristica "O.M. Corbino", Roma, giovanni.brambilla@artov.inm.cnr.it

2) Dip. Scienze Ambiente e Territorio e Scienze della Terra, Università degli Studi Milano-Bicocca, roberto.benocci@unimib.it, giovanni.zambon@unimib.it

SOMMARIO

Alcuni dati di monitoraggio del rumore nella città di Milano, di origine prevalentemente stradale rilevati prima del "lockdown" e oggetto di un precedente studio, sono stati rielaborati per determinare su base oraria il valore dell'indice HARMONICA (HRM), descrittore che tiene conto dell'energia del rumore e dell'occorrenza degli eventi sonori. I risultati sono interessanti in merito alla potenzialità di classificare le strade mediante questo indice che, per la sua formulazione, risulta di maggiore comprensione da parte della popolazione.

1. Introduzione

Nella comunicazione presentata al precedente convegno AIA 2019 [1] fu esaminata l'applicazione del parametro Intermittency Ratio (IR), descrittore dell'occorrenza di eventi sonori [2], per classificare le strade urbane in base anche agli eventi sonori da traffico stradale e al potenziale disturbo conseguente.

In questa comunicazione si è voluto valutare, anche alla luce dei precedenti risultati, l'applicazione dell'indice HARMONICA [3] al rumore stradale urbano. Questo descrittore, secondo le intenzioni degli Autori che lo hanno formulato, è di più agevole comprensione da parte della popolazione e, quindi, più adeguato per una corretta comunicazione al pubblico. Si ricorda che l'indice HARMONICA, di seguito abbreviato in HRM, ha valori compresi tra 0 e 10 ed è ottenuto dalla somma aritmetica del descrittore del "background noise" (BGN) e di quello degli eventi sonori (EVT). Un esempio per una strada urbana è riportato in Figura 1.

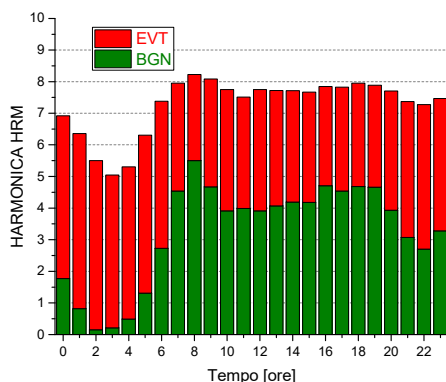


Figura 1 – Andamento nelle 24 ore dell'indice HARMONICA (HRM) e delle due sue componenti "background noise" (BGN) ed eventi sonori (EVT), quest'ultima più accentuata nel periodo notturno (22-06).

2. Dati sperimentali e loro elaborazione

I dati di monitoraggio del rumore nella città di Milano di origine prevalentemente stradale rilevati prima del "lockdown" e oggetto della precedente analisi [1] sono stati riorganizzati e aggiornati (Tab. 1). Le serie temporali sono state preventivamente esaminate per eliminare eventi non riconducibili al traffico veicolare.

Anche lo script sviluppato in ambiente R [4], che importa le serie temporali a 24 h in termini di livelli $L_{Aeq,1s}$, è stato modificato per determinare i valori orari dei parametri richiesti, tra i quali $L_{Aeq,h}$, IR, BGN, EVT, HRM. Per i siti con più di una serie

temporale disponibile (70% del totale) è stato determinato il valore mediano dei parametri suddetti per ciascuna ora.

Tabella 1 – Distribuzione dei siti e delle serie temporali a 24 h per tipologia funzionale della strada.

Tipologia funzionale della strada	N. siti	N. serie a 24 h
A - Autostrada	1	3
D - Urbana di scorrimento	4	10
E - Urbana interquartiere	12	32
F - Locale	16	37
Totale	33	82

In merito alla cluster analysis, eseguita sui valori orari medi di IR scalati a media nulla e varianza unitaria ("Z-score standardization"), si è proceduto all'analisi gerarchica con l'algoritmo di Ward assumendo per le osservazioni, ossia le serie temporali, la distanza euclidea e un numero di clusters pari a 2, corrispondente alla minima discriminazione. Il metodo di aggregazione prescelto è quello che tra i sei esaminati mediante il package "clValid" [5] ha fornito i valori migliori per l'indice di connettività (8.28) e per la "average Silhouette width" (0.35).

3. Risultati e discussione

I due clusters ottenuti con l'analisi gerarchica non presentano sovrapposizioni nello spazio bidimensionale dello scaling MDS con le prime due dimensioni comprendenti l'87.8% della varianza dei dati. Il cluster 2 raggruppa più siti (78.8%) del cluster 1.

La ripartizione ottenuta presenta una buona sovrapposizione (81.8%) con quella precedente [1] considerando il differente algoritmo di clustering (in precedenza DIANA a 2 gruppi) e un data-set leggermente diverso. Il cluster 1 comprende le strade a maggiore flusso veicolare diurno q_d (valore mediano di $\log(q_d) = 4.56$, pari a un flusso orario medio di circa 2270 veicoli/ora) rispetto a quelle incluse nel cluster 2 (valore mediano di $\log(q_d) = 4.29$, pari a un flusso orario medio di circa 1220 veicoli/ora).

È confermata, inoltre, la non adeguatezza della classificazione funzionale delle strade ai fini del rumore stradale, come evidenziato nella Tabella 2 ove, ad eccezione della classe "A", le altre tipologie sono distribuite nei vari clusters con una corretta classificazione avente un valore complessivo medio di precisione pari a 0.46.

La Figura 2 mostra il confronto tra i valori medi orari della componente degli eventi EVT in HRM e quelli di IR (divisi per 10 per un confronto più diretto) suddivisi per i due clusters. È evidente che l'andamento nelle 24 ore è molto simile, con valori

più accentuati nel periodo notturno (22-06). I valori ottenuti per il cluster 2, comprendente strade a minore flusso veicolare, sono maggiori di quelli corrispondenti al cluster 1 in quanto nelle prime gli eventi sonori dovuti al transito dei veicoli sono più marcati rispetto al minore rumore di fondo.

Tabella 2 – Distribuzione dei siti (in %) ottenuta in base al clustering eseguito sul parametro IR e per tipologia funzionale della strada.

Tipologia della strada prevista dal clustering	Classificazione funzionale			
	A	D	E	F
1	100	50	16.7	12.5
2	0	0	0	25.0
3	0	0	58.3	31.2
4	0	50	25.0	31.3

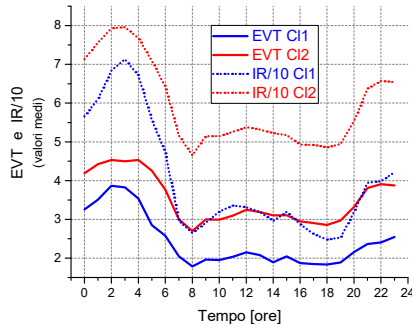


Figura 2 – Confronto tra i valori medi orari della componente degli eventi EVT in HRM con quelli di IR (divisi per 10).

Il parametro IR, pur essendo utile per caratterizzare gli eventi sonori, da solo non basta per descrivere il potenziale disturbo percepibile in quanto quest'ultimo dipende anche dall'energia del rumore, che come noto è solitamente descritta dal livello continuo equivalente L_{Aeq} . Nell'indice HRM l'aspetto energetico è considerato mediante la componente BGN che si aggiunge a quella EVT descrivente gli eventi sonori.

In considerazione dei due fattori componenti HRM, è stato ritenuto interessante procedere all'analisi cluster gerarchica in due gruppi applicandola all'indice HRM, scalato a media nulla e varianza unitaria e con distanza euclidea tra le osservazioni. I risultati ottenuti nello spazio bidimensionale dello scaling MDS sono illustrati nella Figura 3, mentre la ripartizione dei siti nei due clusters e per tipologia funzionale della strada è riassunta nella Tabella 3, ove per confronto sono riportati anche i risultati ottenuti per il parametro IR. Appare evidente la diversa ripartizione dei siti, più numerosi nel cluster 1 (66.7% dei siti), con una sovrapposizione tra le due classificazioni pari a 36.4%.

I valori medi orari di HRM suddivisi per i due clusters sono riportati nella Figura 4. È evidente che l'andamento nelle 24 ore di HRM per i due clusters è molto simile, con valori più accentuati nel periodo diurno (Tab. 4). Si evidenzia la non sovrapposizione tra i due andamenti di HRM per i due clusters che rende più agevole la loro discriminazione. Andamento differente si osserva per i valori medi orari della differenza $\delta = L_{Aeqh} - L_{Aeqd}$ (Fig. 5).

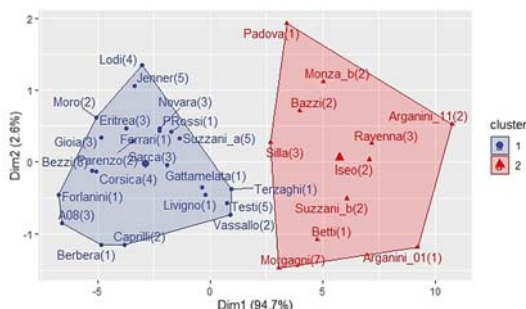


Figura 3 – Distribuzione dei siti nei due clusters basati sul parametro HRM. I clusters 1 e 2 comprendono le strade con valore medio di $\log(q_d)$ rispettivamente pari a 4.47 e 3.57.

Tabella 3 – Distribuzione dei siti (in %) nei due cluster per tipologia funzionale di strada e parametro di clustering.

Cluster	Tipologia funzionale di strada	Cluster			
		A	D	E	F
IR	1 (21.2%)	100	50.0	16.7	12.5
	2 (78.8%)	0	50.0	83.3	87.5
HRM	1 (66.7%)	100	100	75.0	50.0
	2 (33.3%)	0	0	25.0	50.0

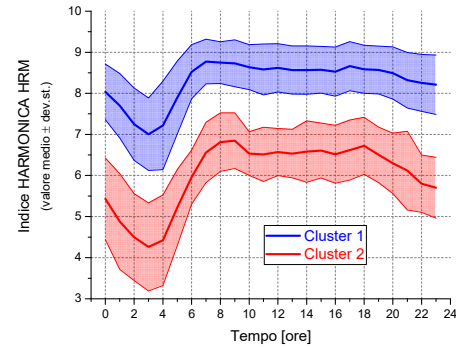


Figura 4 – Andamento nelle 24 ore dei valori medi orari di HRM per i due clusters. Area colorata di ampiezza pari a \pm la deviazione standard.

Tabella 4 – Valori medi di HRM per i due periodi diurno e notturno e per i due clusters.

Cluster	HRM valore medio (\pm dev. St.)	
	Diurno (06-22)	Notturno (22-06)
1	8.59 (\pm 0.11)	7.70 (\pm 0.48)
2	6.52 (\pm 0.23)	5.03 (\pm 0.60)

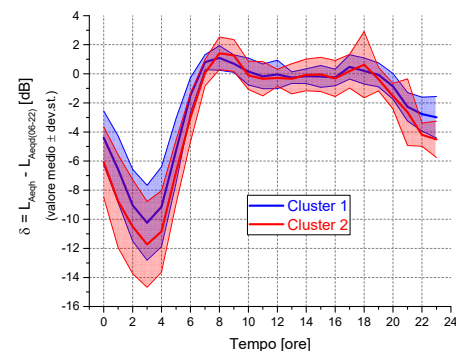


Figura 5 – Andamento nelle 24 ore dei valori medi orari di δ per i due clusters ottenuti per il parametro HRM.

4. Conclusioni

L'applicazione dell'indice HARMONICA al rumore prevalentemente stradale in Milano ha dato risultati interessanti relativamente alla classificazione di quest'ultimo. La sua formulazione, oltre ad una migliore comprensione da parte della popolazione, tiene conto di due dei principali fattori che concorrono al potenziale disturbo indotto, ossia l'energia del rumore e l'occorrenza di eventi sonori. Ulteriori sviluppi analitici sono in corso nell'ottica anche di una formulazione su una scala più ampia dell'attuale (da 0 a 10 unità) che appare troppo compressa in contesti urbani rumorosi.

Bibliografia

- [1] Brambilla G., Benocci R., Zambon G., *Classificazione del rumore stradale urbano basata sull'occorrenza degli eventi sonori*, Atti AIA 2019, Pesaro, 29-31 maggio 2019
- [2] Wunderli J.M. et al., *Intermittency ratio: A metric reflecting short-term temporal variations of transportation noise exposure*, Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology (2015), pp. 1-11
- [3] Mietlicki C., Mietlicki F., Ribeiro C., Gaudibert P., Vincent B., *The HARMONICA project, new tools to assess environmental noise and better inform the public*, Proceedings Forum Acusticum 2014, Kraków, Poland, 7-12 Sept. 2014
- [4] R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>
- [5] Brock G., Pihur V., Datta S. and Datta S., *cIValid: An R Package for Cluster Validation*, Journal of Statistical Software, 25 (2008), pp. 1-22