

AVANZAMENTO NELLA COMPrensIONE DEGLI INDICI ECO-ACUSTICI: STUDIO DEL SOUNDSCAPE DEL PARCO REGIONALE DELLA VALLE DEL TICINO

Giorgia Guagliumi (1), Andrea Potenza (2), Roberto Benocci (3), Valentina Zaffaroni-Caorsi (4), Giovanni Zambon (5)

1) Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra, Università degli Studi di Milano-Bicocca, Milano (IT), g.guagliumi@campus.unimib.it

2) Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra, Università degli Studi di Milano-Bicocca, Milano (IT), a.potenza@campus.unimib.it

3) Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra, Università degli Studi di Milano-Bicocca, Milano (IT), roberto.benocci@unimib.it

4) Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra, Università degli Studi di Milano-Bicocca, Milano (IT), valentina.zaffaronicaorsi@unimib.it

5) Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra, Università degli Studi di Milano-Bicocca, Milano (IT), giovanni.zambon@unimib.it

SOMMARIO

La valutazione della qualità dell'ambiente e l'identificazione precoce dei segnali di pressioni ambientali sono aspetti significativi per la conservazione degli ecosistemi, considerando i potenziali indicatori derivanti dall'analisi del paesaggio sonoro. Questo studio si propone di contribuire all'avanzamento di tale comprensione mediante l'introduzione di una nuova metodologia dedicata al calcolo degli indici eco-acustici che è in grado di fornire un'analisi dettagliata del soundscape.

1. Introduzione

Nel vasto panorama delle scienze ambientali, il suono si configura come un elemento fondamentale per gli organismi che lo producono e che ne sono influenzati. Lo studio dell'inquinamento acustico e dei suoi effetti sulla fauna selvatica e sugli ecosistemi terrestri risulta imprescindibile per comprendere e preservare la biodiversità, la quale risulta principalmente minacciata dalle attività umane [1]. Il monitoraggio acustico passivo (PAM) emerge come la strategia più efficace per identificare e comprendere i primi segnali del degrado degli ecosistemi [2]. Questa consiste nella registrazione e nell'analisi dei suoni di un ambiente estraendo molteplici informazioni [3], quali ad esempio la biodiversità acustica e le dinamiche ecologiche.

L'introduzione degli indici eco-acustici semplifica le analisi in quanto si focalizza su differenti caratteristiche del suono, come l'ampiezza e le frequenze [1]. Tali sono stati sviluppati per valutare la complessità e la dinamica dell'ambiente acustico e per fungere da proxy al fine di caratterizzare la qualità ambientale [4].

In questo articolo si propone una nuova metodologia per determinare i parametri di input per il calcolo degli indici eco-acustici, mirando a condurre un'analisi più approfondita del paesaggio sonoro, in contrasto con quanto ottenuto mediante approcci convenzionali esistenti in letteratura.

Per la loro validazione, è stata condotta un'analisi delle tracce audio attraverso ascolto diretto per mezzo di un protocollo comune, con l'obiettivo di dettagliare le sorgenti antropofoniche presenti e di ottenere una maggiore oggettività della risposta.

2. Materiali e metodi

2.1 Area di studio

L'area oggetto di studio è situata presso la Lanca del Moriano (PV) nel Parco Naturale Lombardo della Valle del Ticino [5]. Tale area rientra nel Sito d'Interesse Comunitario "Basso Corso e Sponde del Ticino" e comprende sia la depressione valliva del fiume Ticino, sia parte della pianura in cui è inciso il solco fluviale, e vede come elemento di maggior disturbo l'Autostrada A7 dei Giovi.

2.2 Campagna di misura e strumenti utilizzati

La campagna di misurazione è stata condotta mediante l'impiego di n. 9 sensori (dispositivi di registrazione audio low-cost), disposti su una griglia regolare, acquisendo 1 minuto di

registrazione ogni 5 minuti di pausa, con continuità per tutta la durata della rilevazione (pari a due settimane). I sensori dall'1 al 5 sono posti all'interno della Lanca, mentre i siti 7-8-9 al di fuori di essa e vicini all'autostrada. I dispositivi selezionati per lo studio sono otto Song Meter Micro (SMM) della Wildlife Acoustic e un Soundscape Explorer Terrestrial (SET) della Luniletronik.

2.3 Parametri di calcolo innovativi

Con il fine di perseguire l'obiettivo di questo studio, è stata effettuata un'analisi approfondita dei parametri in input necessari per il calcolo degli indici eco-acustici nell'ambiente 'R'.

Il primo parametro calcolato è stato la *soglia antropofonica*, ovvero la frequenza minima utilizzata per il calcolo di tali indici. La metodologia sviluppata ha previsto la selezione una giornata di registrazione con condizioni meteorologiche appropriate. In seguito, le analisi delle registrazioni sono state condotte in tre fasce orarie distinte, comprendenti l'alba, il tramonto e una fascia intermedia, di tre ore ciascuna. Studiando lo spettrogramma delle registrazioni è stata analizzata la fascia di frequenze in cui fossero presenti solo rumori antropofonici. Per ciascun sito di misura è stato selezionato lo scenario peggiore e selezionato come valore finale il valore di frequenza più elevato.

Per quanto riguarda la componente biofonica aviaria, l'identificazione delle specie presenti in campo è stata effettuata attraverso la tecnica del conteggio dei punti a distanza limitata, utilizzando il database europeo, Xeno-Canto [6], con il fine di ottenere i canti di ogni specie e, per mezzo del programma Audacity, è stata identificata la frequenza di canto. Tra tutte le frequenze indagate è stata selezionata quella maggiore per determinare la *frequenza massima* in input per il calcolo degli indici.

La *dB_threshold* per il calcolo degli indici è stata determinata analizzando gli spettrogrammi delle registrazioni mediante il programma Kaleidoscope. Dopo aver identificato le vocalizzazioni più distanti dal registratore è stato ricavato il relativo valore in termini di decibel (dB), utilizzato come limite inferiore per considerare un suono rilevante o significativo nelle analisi.

Infine, considerando l'utilizzo di registratori differenti, si è provveduto all'equalizzazione delle registrazioni al fine di ottenere una risposta in frequenza piatta, permettendo una comparabilità ottimale dei livelli sonori e degli indici eco-acustici.

2.4 Analisi degli indici eco-acustici ed opportuna validazione

Al fine di apprezzare l'importanza di una valutazione accurata dei dati di input e dell'uso appropriato di diverse tipologie di strumenti, sono stati studiati gli andamenti temporali medi orari degli indici eco-acustici, avvalendosi di entrambe le metodologie citate. A seguire, è stata condotta una PCA ed una Cluster Analysis su tali indici per ridurre la dimensionalità del dataset e investigare le somiglianze sonore tra i vari siti. I cluster ottenuti sono stati validati qualitativamente attraverso l'ascolto diretto delle registrazioni. Studiando la frequenza relativa di ciascun parametro indagato riferito al sito in esame, tali valori sono stati normalizzati per esaminare una possibile corrispondenza tra i risultati.

3. Risultati

A seguito di un'analisi dettagliata mediante le metodologie presentate, è stato intrapreso un opportuno confronto. A livello generale, si nota una grande differenza negli andamenti della metodologia tradizionale, in cui solo un registratore si discosta dagli altri, ovvero quello non affetto dal "DC offset", il quale si riferisce alla presenza di una componente di corrente continua (Direct Current, DC) nel segnale audio. Questa componente può causare diversi problemi, influenzando i risultati del calcolo degli indici eco-acustici, quali: I. *alterazione della forma d'onda*, comportando una traslazione della forma d'onda lungo l'asse delle ordinate; II. *alterazione del dominio delle frequenze*, influenzando la valutazione degli indici che tengono conto della distribuzione spettrale dell'energia.

Nello specifico sono stati confrontati i diversi andamenti per ogni indice, notando quali fossero le differenze principali e le relative conseguenze. Ad esempio, analizzando l'andamento dell'indice NDSI ottenuto con la metodologia tradizionale (Fig. 1a) si nota una significativa presenza di componenti biofoniche nella fascia oraria diurna, riscontrabile anche nei siti più prossimi all'autostrada. Al contrario, mediante la metodologia innovativa (Fig. 2a) si osserva una significativa componente antropofonica per tutti i siti. I diversi andamenti mostrano come vi sia un incremento dell'NDSI nelle ore di maggiore attività canora, ma questa risulta comunque inferiore rispetto a quella analizzata con il precedente metodo, indicando una minore presenza di biofonia nell'area oggetto di studio.

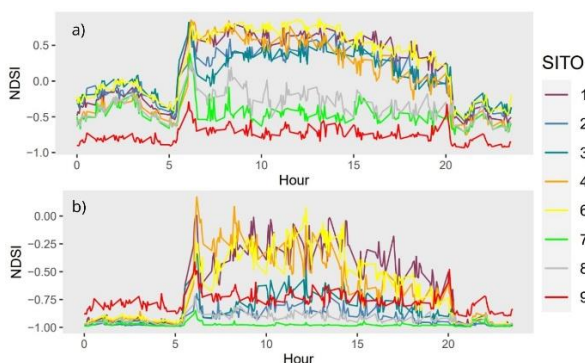


Figura 1 - Andamento temporale dell'indice NDSI mediato sulle ore di ogni giorno della campagna per ciascun sito di misura, utilizzando la metodologia tradizionale (a) e la nuova metodologia (b).

Successivamente, gli indici sono stati sottoposti a PCA e Cluster Analysis, i cui risultati evidenziano un isolamento dei

siti 7-8-9 in quanto più soggetti a rumore antropico, influenzando maggiormente la biofonia aviaria.

Partendo da tali risultati, questi sono stati corroborati confrontando i risultati degli istogrammi e i cluster ottenuti dalle analisi del soundscape, ottenendo i medesimi risultati.

4. Discussione

Il vantaggio del metodo proposto risiede nella sua capacità di evidenziare l'importanza di perfezionare la metodologia di analisi al fine di garantire l'affidabilità, la comparabilità, la ripetibilità e la riproducibilità delle misurazioni.

L'inclusione di più indici [7] e l'adozione di due diverse metodologie di analisi hanno consentito una discriminazione più accurata tra i vari scenari del paesaggio sonoro, permettendoci di comprendere quale fosse la metodologia ottimale e quale fosse la reale suddivisione del paesaggio in termini di similitudini acustiche. Tale analisi ha portato a una distinzione tra due estremi del paesaggio sonoro: gli habitat interni alla Lanca e la macchia marginale influenzata dall'autostrada. Tali risultati sono stati corroborati dall'analisi diretta delle tracce audio, evidenziando ulteriormente come il paesaggio sonoro sia negativamente influenzato dal traffico veicolare e da altre fonti di disturbo antropico.

5. Conclusione

I recenti progressi tecnologici hanno spinto il monitoraggio della biodiversità ad un livello superiore, attraverso nuovi strumenti per la valutazione spaziale e temporale degli ecosistemi su scala globale [8].

In tale ottica, il lavoro svolto in questa attività ha sviluppato una metodologia per determinare i parametri di input per il calcolo degli indici eco-acustici. La determinazione di tali parametri innovativi ha permesso una maggiore qualità e affidabilità dei risultati ed ha evidenziato una netta ripartizione dei siti in funzione della distanza dall'infrastruttura stradale, generando una suddivisione coerente con l'ascolto delle registrazioni.

Il suddetto approccio si propone come un solido fondamento per future ricerche, fornendo una base scientifica per pianificare le strategie di conservazione ed identificare le azioni necessarie per proteggere e gestire in modo sostenibile l'ambiente e la sua biodiversità.

6. Bibliografia

- [1] Benocci, R., Brambilla, G., Bisceglie, A., & Zambon, G., *Eco-acoustic indices to evaluate soundscape degradation due to human intrusion*, Sustainability, **12** (2020)
- [2] Vitousek, P. M., Mooney, H. A., Lubchenco, J., & Melillo, J. M., *Human domination of Earth's ecosystems*, Science, **277** (1997), pp. 494-499
- [3] Blumstein, D. T., Mennill, D. J., Clemins, P., Girod, L., ... & Kirschel, A. N., *Acoustic monitoring in terrestrial environments using microphone arrays: applications, technological considerations and prospectus*, Journal of Applied Ecology, **48** (2011), pp. 758-767
- [4] Depaertere, M., Pavoine, S., Jiguet, F., Gasc, A., Duvail, S., & Sueur, J., *Monitoring animal diversity using acoustic indices: Implementation in a temperate woodland*, Ecological Indicators, **13** (2012), pp. 46-54
- [5] L. R. 9 gennaio 1974, *Norme urbanistiche per la tutela delle aree comprese nel piano generale delle riserve e dei parchi naturali d'interesse regionale. Istituzione del parco lombardo della valle del Ticino*, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Serie generale n. 2, 09/01/1974
- [6] <https://xeno-canto.org/collection/area/europe>
- [7] Benocci, R., Brambilla, G., Bisceglie, A., & Zambon, G., *Sound ecology indicators applied to urban parks: A preliminary study*, Asia-Pac. J. Sci. Technol, **25** (2020), pp. 1-10
- [8] Alcocer, I., Lima, H., Sugai, L. S. M., & Llusia, D., *Acoustic indices as proxies for biodiversity: a meta-analysis*, Biological Reviews, **97** (2022), pp. 2209-2236