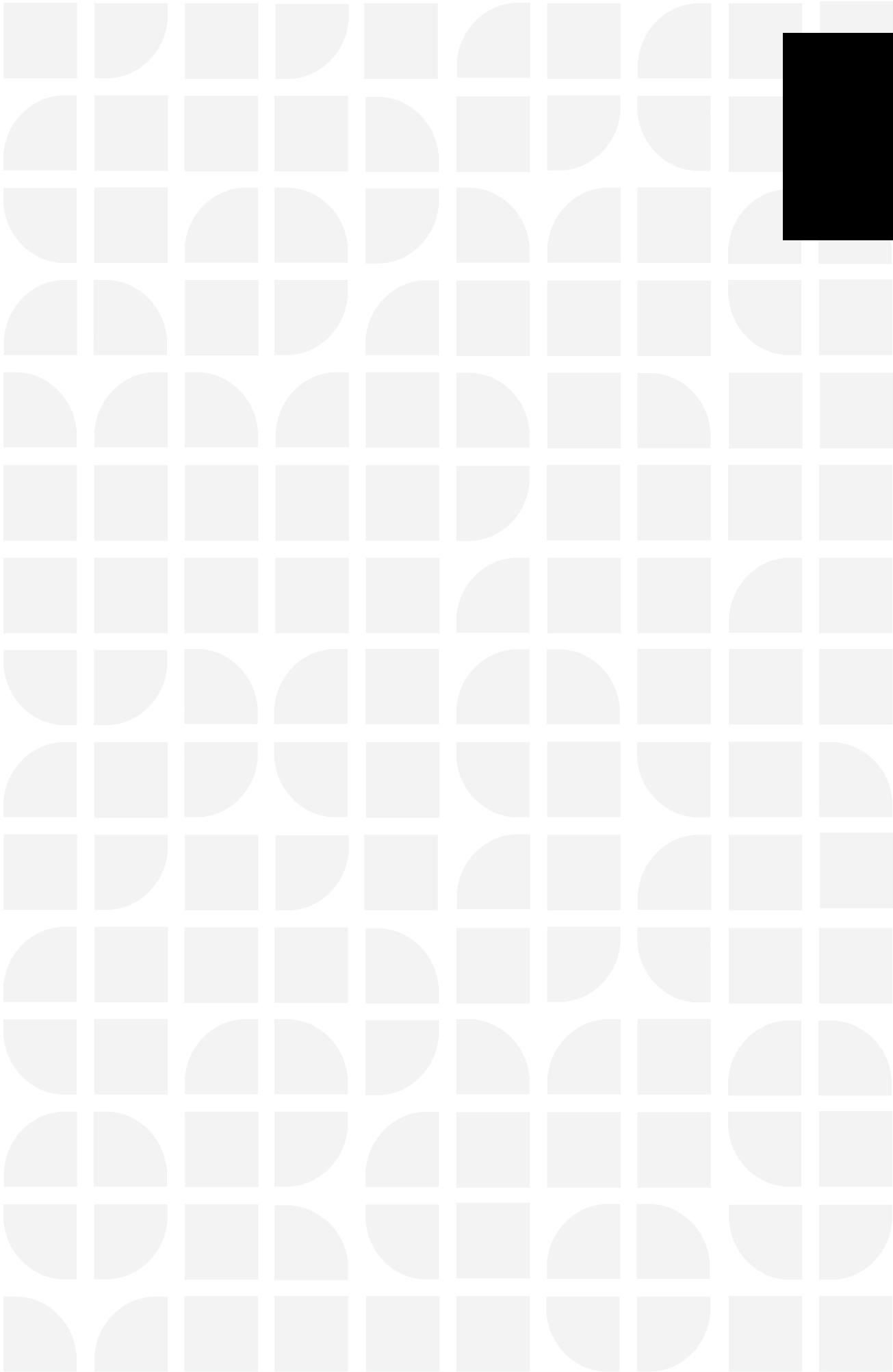




Sonificazione e Tecnologie Interattive per il Welfare Culturale

Antonio Camurri, Andrea Cera

Keywords:

Interactive sonification, Expressive movement, Soundscape, Multimodal Interactive Systems.

ABSTRACT:

This article discusses the role of sound in the museum experience and, more broadly, in the field of cultural welfare. Sound can be both harmful and beneficial to health, depending on the acoustic, cultural, and emotional context: from exposure to harmful noise to scenarios in which sound plays a rehabilitative support role. Sound design, soundscape design, and interactive sonification can play a fundamental role in the creation of active experiences of artistic content within cultural welfare contexts characterized by active participation, psychological wellbeing, and health. Within this framework, we present the guidelines related to the design of interactive sonification in interactive systems, as applied in *DanzArTe – Emotional Wellbeing Technology*, a protocol and interactive system that offers an embodied experience of visual arts through the interactive sonification of the affective qualities of one's own movement.

In questo articolo viene discusso il ruolo del suono nella fruizione museale e più in generale nel settore del welfare culturale. Il suono può essere sia dannoso che positivo per la salute, in funzione di contesto acustico, culturale ed emotivo: dalla esposizione a rumori nocivi a scenari in cui il suono ha ruolo di supporto riabilitativo. Il sound design, la progettazione del paesaggio sonoro e la sonificazione interattiva possono giocare un ruolo fondamentale nel progetto di esperienze attive di contenuti artistici e culturali, in scenari di welfare culturale caratterizzati da partecipazione culturale, benessere psicologico e salute. In questo scenario, presentiamo le linee guida relative al progetto della sonificazione interattiva in sistemi interattivi, utilizzate in *DanzArTe – Emotional Wellbeing Technology*, un protocollo e un sistema interattivo che offre un'esperienza embodied di arti visive attraverso la sonificazione interattiva delle qualità affettive del proprio movimento.

Antonio Camurri:

Antonio Camurri è Professore Ordinario presso il DI-BRIS-Università di Genova (Scuola Politecnica), dove insegna nelle lauree magistrali in Computer Engineering e Digital Humanities. I suoi interessi di ricerca includono sound and music computing, human computer interaction, affective computing, automated analysis of non-verbal expressive movement, sistemi multimediali e multimodali interattivi per le arti performative, cultural welfare, terapia e riabilitazione. È fondatore e direttore scientifico di InfoMus-Casa-Paganini. antonio.camurri@unige.it

Andrea Cera

Andrea Cera ha ricevuto una formazione in musica classica (pianoforte e composizione) al Conservatorio di Padova, e si è specializzato in computer music presso l'IRCAM-Centre Pompidou. Collabora con Casa Paganini-InfoMus in progetti di ricerca su cross-modalità e sonificazione del movimento, e con IRCAM e Renault, per la progettazione di suoni per auto elettriche. andreawax@yahoo.it

1. Introduzione

Il rapporto tra suono e salute è paradossale: il suono può sia ferire che guarire. Il problema degli effetti negativi del suono sull'essere umano è noto fin dall'antichità, fin dal VII secolo a.C., quando apparvero le prime ordinanze contro il rumore in Grecia e, in seguito, a Roma.¹ Nel XVIII secolo, Bernardino Ramazzini,² padre della medicina del lavoro, descrisse le malattie causate dall'esposizione ripetuta di artigiani a rumori forti o meccanici. Seguendo una prospettiva simile, gli usi terapeutici della musica sono stati descritti in molte culture fin dall'antichità: ad esempio, si hanno resoconti di usi terapeutici della musica nell'antico Egitto,³ fino alle sistematizzazioni avvenute in epoca rinascimentale e barocca, per esempio nell'opera di Athanasius Kircher.⁴ Secoli dopo, le stesse forze acustiche ed ambientali che possono causare stress o affaticamento vengono reinventate come strumenti di riabilitazione e cura. Il fondamento teorico di questa revisione parte dall'opera fondamentale di Raymond Murray Schafer, *The Tuning of the World*,⁵ che ha reso popolare la nozione di *soundscape* (paesaggio sonoro), ovvero l'ambiente acustico in cui siamo immersi. Il contributo chiave di Schafer è stato quello di evidenziare l'impossibilità del silenzio e di invocare una rinnovata consapevolezza ecologica del suono come fenomeno sia culturale che ambientale. L'impulso di Schafer ha avviato un ampliamento dell'ambito di indagine sulla qualità sonora dell'ambiente, seppur in forma libera, informale e artistica, a partire dalle attività del *World Soundscape Project*, che includevano campagne di registrazione, passeggiate sono-

re, composizioni e concerti ispirati al concetto di paesaggio sonoro. Nelle ultime due decadi, mentre il concetto di paesaggio sonoro entrava in una fase di revisione e critica,⁶ diversi ricercatori hanno iniziato a studiare le differenze e le sensibilità individuali che potrebbero spiegare modi diversificati di reagire allo stesso paesaggio sonoro, introducendo strumenti di valutazione individuale come il *Noise Sensitivity Questionnaire*.⁷ Il paradigma di questa ricerca può essere esteso ai settori della fruizione artistica e culturale (ad esempio nei musei), in diversi settori della salute, interrogandosi su come gli ambienti sonori possano influenzare l'esperienza estetica, il benessere fisiologico ed emotivo, in particolare tra le popolazioni vulnerabili e anziane. Il framework di Schafer suddivide il paesaggio sonoro in tre componenti: *Keynotes*, *Signals* e *Soundmarks*. Le *Keynotes* costituiscono il sottofondo acustico continuo di uno spazio, i *Signals* sono i suoni in primo piano che attirano l'attenzione e i *Soundmarks* sono suoni unici o simbolici associati a un luogo specifico, come le campane di una certa chiesa o il canto degli uccelli locali, e sono soprattutto vettori di memoria, identità e appartenenza.

L'offerta diversificata che la comunità scientifica e artistica del *sound design* ha creato negli ultimi anni può essere riassunta attraverso queste tre componenti, allineandole a tre distinte aree di ricerca applicata: composizione del paesaggio sonoro (progetti in cui vengono presi in considerazione il sottofondo, le *Keynotes*, di una particolare applicazione), sound design (progetti in cui gli eventi in primo piano, i *Signals*, sono al centro dell'attenzione, come

ad esempio il progetto di un logo sonoro di un brand; o la sonificazione di un flusso di dati) e progetti in cui elementi culturali, personali o simbolici (che corrispondono ai *Soundmarks* in un paesaggio sonoro), hanno un ruolo principale nella definizione dei contenuti sonori. Ogni ambito interagisce con gli altri nel contesto più generale della progettazione del sound design per il welfare culturale, dai musei a scenari riabilitativi e terapeutici.

1.1 Sonificazione interattiva e propriocezione

Una ulteriore componente fondamentale è relativa al ruolo del suono per aumentare la percezione delle qualità espressive del movimento, sia del proprio movimento che del movimento osservato in altre persone, ad esempio in un contesto di interazione sociale. Questo ruolo del suono – ovvero la *sonificazione interattiva* di qualità espressive del movimento individuale o di un gruppo – consiste nella traduzione dinamica, contestuale e adattiva di qualità del movimento (ad esempio la fluidità con cui una persona si muove) in suono. Non si tratta di composizione musicale, ma di una forma di amplificazione della percezione attraverso il canale sensoriale uditivo, che trasforma le informazioni cinestetiche multimodali in segnali uditivi.⁸ Nel nostro particolare approccio, la sonificazione è modellata sulle caratteristiche del nostro sistema percettivo di *cross-sensory correspondence*.⁹ Le caratteristiche a-modalità del sistema percettivo consentono di percepire una qualità del movimento (*mid-level quality*, come ad esempio la fluidità) attraverso diversi canali sensoriali: visivo, udi-

tivo, aptico. Ad esempio, un modello di sonificazione della fluidità del proprio movimento può amplificare la propriocezione di questa qualità, creando un biofeedback virtuoso che facilita il miglioramento della fluidità del proprio movimento, in risposta a un feedback uditivo in continua evoluzione e adattamento.

1.2 Un caso d'uso museale

I visitatori di un'area espositiva assumono spesso un comportamento caratterizzato da una esperienza superficiale e frettolosa con opere d'arte esposte. Consideriamo ad esempio una sala in cui è esposta un'opera di arte visiva classica che rappresenta la Madonna seduta con il bambino nel proprio grembo. È possibile utilizzare la tecnologia, sempre più veloce, per rallentare (*Slow Mood*) l'esperienza del visitatore e renderla più profonda, apprezzare il gesto affettivo e lo sguardo di una madre che accoglie nel grembo il proprio bambino? Nel canale YouTube¹⁰ è disponibile una playlist di brevi video in cui il sistema *DanzArTe* propone una esperienza interattiva basata sulla sonificazione del gesto affettivo.

1.3 Multilayered Conceptual Framework

I fondamenti di questa ricerca hanno origine nel *Multilayered Conceptual Framework for Multimodal Interactive Systems*,¹¹ successivamente sviluppato nei progetti europei *ICT DANCE*¹² e in *H2020 FET PROACTIVE EnTimeMent*.¹³

Questa ricerca ha portato allo sviluppo di modelli computazionali per l'analisi e la predizione di qualità espressive del movimento

(*mid-level qualities*), tra le quali *leggerezza e fragilità*, *smoothness*,¹⁴ e *fluidità*,¹⁵ *entrainment*.¹⁶ La sonificazione di *mid-level qualities* è una componente fondamentale nel processo di *embodied interaction design* per la realizzazione di sistemi interattivi per i settori della salute e in particolare del welfare culturale. Grazie a modelli e tecnologie che integrano *machine learning* e modelli computazionali di espressività e di emozioni sociali, il nostro approccio supporta interazione affettiva e sociale non verbale, corporea e *embodied*, sia individuale che di gruppo.

2. Welfare culturale e tecnologie interattive

Il welfare culturale è un modello integrato per promuovere il benessere e la salute di individui e comunità, attraverso pratiche basate sulle arti visive e performative e sul patrimonio culturale, verso un concetto di salute globalmente intesa come ricostituibile armonia nella relazione tra le funzioni fisiche, intellettuali, emotive e sociali della persona.¹⁷ Il welfare culturale si fonda sul riconoscimento dell'efficacia di specifiche attività culturali, artistiche e creative come fattori che promuovono la salute, il benessere e la coesione sociale, favoriscono l'invecchiamento attivo, contrastano la depressione e il declino psicofisico, promuovono l'inclusione delle persone con disabilità, emarginate o svantaggiate, supportano le relazioni tra caregiver e pazienti e mitigano le patologie degenerative. Le tecnologie possono rappresentare un formidabile catalizzatore per il benessere culturale, fornendo sia piattaforme abilitanti sia meccanismi di interazione per nuovi para-

digmi nell'esperienza dell'arte e del patrimonio culturale. Oltre a fornire contenuti per le tecnologie che supportano esperienze di benessere culturale, l'arte può suggerire modi e mezzi per umanizzare queste tecnologie. L'idea dell'arte come fonte di ispirazione per tecnologia che opera come mediatore tra l'essere umano e l'arte apre le porte a una nuova generazione di tecnologie per il benessere culturale basate sull'arte.

In questo contesto sono stati realizzati i sistemi *DanzArTe*¹⁸ e *RespirArTe*,¹⁹ ispirati da arti visive e performative, caratterizzati dalla integrazione nel processo di *interaction design* di sonificazione interattiva del movimento espressivo e strumenti di intelligenza artificiale. Nel seguito vengono presentati il paradigma generale *Slow Mood* che caratterizza i nostri progetti e il ruolo del suono e della sonificazione interattiva.

3. Il paradigma Slow Mood

Paul Valéry in *Nécessité de la Poésie* ha scritto che oggi ogni piacere è distrutto dalla fretta e annullato dalla velocità.²⁰ Concentrandoci sul patrimonio culturale e sulla fruizione dell'arte visiva, miriamo paradossalmente a sfruttare la potenza e la velocità della tecnologia contemporanea per riscoprire il lungo tempo necessario per sviluppare una relazione più profonda con contenuti appartenenti alla nostra storia artistica: una generalizzazione del caso d'uso descritto in precedenza. Nelle esperienze museali aumentate dalla tecnologia, e in generale in scenari di welfare culturale, il paradigma *Slow Mood* supporta la progettazione di forme di interazione innovati-

ve, non intrusive, anticipatorie/pre-dittive, per consentire un dialogo intimo con l'opera d'arte, condotto secondo un ritmo lento, inducendo una ideale liminalità,²¹ un *flow* ottimale,²² in risposta a problematiche come quelle del caso d'uso descritto in precedenza. Lo *Slow Mood* fonda le origini in progetti risalenti a fine anni '90 del secolo scorso. In un nostro articolo²³ viene proposto un sistema interattivo utilizzato in ospedale per supportare esercizi fisici per pazienti affetti da Parkinson, basato su un paesaggio sonoro interattivo immersivo, coinvolgente e stratificato (il bosco, il mare), oltre a un feedback visivo: l'analisi in tempo reale della fluidità nei movimenti è utilizzata per consentire al paziente di dipingere usando il proprio corpo sulle pareti circostanti e di creare paesaggi sonori naturalistici solo quando si muove in modo fluido, usando il corpo come un pennello. Esercizi di riabilitazione fisica solitamente frustranti vengono così trasformati in una sorta di installazione artistica, consentendo di modellare interattivamente contenuti artistici visivi e uditivi. Un approccio simile è stato adottato nei sistemi per il trattamento e la riabilitazione cognitiva e motoria dei bambini nel laboratorio congiunto *ARIEL-Augmented Rehabilitation* con l'ospedale pediatrico G. Gaslini.²⁴ Nel progetto europeo *Horizon 2020 ICT DANCE*,²⁵ il nostro centro di ricerca ha collaborato con Virgilio Sieni in una serie di eventi pubblici (Atlante del Gesto Genova)²⁶ che hanno coinvolto oltre 120 cittadini non-danzatori, partecipando alla (ri)scoperta delle proprie qualità espressive corporee, concludendosi in una serie di performance collettive pubbliche.²⁷ In *DANCE*, le misure in tempo rea-

le e la sonificazione delle qualità espressive di *fragilità* e *leggerezza* del movimento di uno dei partecipanti (il leader) avevano l'obiettivo di coinvolgere e guidare gli altri partecipanti verso la comprensione, l'esplorazione e l'espressione delle stesse qualità nei loro movimenti di gruppo.²⁸ La sonificazione interattiva è utilizzata nella riabilitazione da condizioni di dolore cronico²⁹: gli stimoli uditivi generati dall'analisi di qualità del movimento hanno il ruolo di aiutare a rendere i movimenti fluidi e sicuri e di distrarre il paziente da possibili disagi legati alla sua condizione. Nell'ambito del progetto europeo *Horizon 2020 ICT WHOLODANCE*,³⁰ abbiamo sviluppato la sonificazione interattiva di qualità del movimento per supportare il processo di apprendimento del movimento nella danza.

*DanzArTe Emotional Wellbeing Technology*³¹ è un nostro recente progetto su welfare culturale e inclusione sociale che proponiamo nel seguito come caso di studio per approfondire i nostri principi di sonificazione. *DanzArTe* mira a supportare un'esperienza attiva, amplificare la propriocezione e percezione del movimento, creando un contatto fisico con opere di arte visiva classica, fornendo una possibile soluzione alle problematiche descritte in precedenza nel caso d'uso di fruizione museale: una pratica amatoriale collettiva e autonoma, un'esperienza *embodied* in grado di stimolare emotivamente la memoria e il movimento fisico.³² Da una prospettiva differente, potrebbe essere considerato come un progetto per provocare esperienze trasformative.³³ Sul canale YouTube sono disponibili video demo del progetto.³⁴

Nel complesso, la ricerca dimostra che il programma *DanzArTe* ha migliorato la resilienza e il benessere psicologico soggettivo dei partecipanti, i quali lo hanno giudicato come un'esperienza creativa, stimolante e coinvolgente.³⁵ I risultati suggeriscono, infatti, che il programma migliora la salute e il benessere psicologico percepiti dalle persone che partecipano alle sessioni di *DanzArTe*.

4. Sonificazione interattiva del movimento espressivo: linee guida

Il nostro modello di sonificazione interattiva delle qualità del movimento individuali e di gruppo adottato in *DanzArTe* e in altri progetti si basa su corrispondenze cross-modal³⁶ delle qualità del movimento con il suono prodotto dal movimento, a diversi livelli di astrazione e scale temporali.³⁷

I criteri e le linee guida principali per il nostro modello sono descritti nei seguenti punti:

Corrispondenza cross- e multi-modale tra movimento e suono a più livelli di astrazione. Un modello a quattro livelli di astrazione e scale temporali differenti rappresenta movimento e suono: livello fisico (segnali dai sensori), *low-level*, *mid-level* e *high-level*.³⁸ Nello stesso modello, la sonificazione è integrata nei 4 livelli che si differenziano per scale temporali e componenti sonore.³⁹

La sonificazione integra paesaggi sonori ambientali in evoluzione dinamica seguendo caratteristiche di movimento in lenta evoluzione legate principalmente al contesto e allo storyboard interattivo. I *mid-level* e *high-level*, caratterizzati da scale

temporali più ampie (rispettivamente circa 0.5-3s e 5-15s), includono strategie per modulare lentamente le caratteristiche dei paesaggi sonori di sottofondo. Un modello di sonificazione a più scale temporali integra semplici eventi sonori, flussi sonori complessi e paesaggi sonori simulati e modulati dinamicamente in modo naturalistico e tecniche di modellazione.⁴⁰ Infine, un principio importante nello strato *high-level* consiste nel progettare una sonificazione con uno storyboard interattivo che preveda un dissolvimento progressivo: ad esempio, nel caso di sonificazione per l'apprendimento del movimento, il progressivo apprendimento provoca una corrispondente riduzione fino alla scomparsa della sonificazione e di eventuale altro feedback visivo. In *DanzArTe*, errori nell'interpretazione espressiva del movimento producono la sovrapposizione alla proiezione del dipinto di un "manichino" (un agente 3D derivato dai disegni preparatori dell'artista, nel nostro caso Luca Cambiaso), risultando in una amplificazione uditiva e visiva che supporta l'apprendimento.⁴¹ Con il miglioramento del movimento, i feedback visivo e sonoro si riducono progressivamente.

Lentezza e continuità nelle curve dinamiche corrispondenti a caratteristiche mid-level. La fluidità del movimento è una delle più importanti qualità di livello intermedio,⁴² caratterizzata da una scala temporale di 0.5-3s. La sonificazione della fluidità riflette questo respiro temporale, contribuendo a suggerire nei partecipanti movimenti lenti e fluidi.

Sonificazione a bassa intrusività. L'obiettivo degli approcci di sound design basati sull'enfasi del primo

piano sonoro (*Signals*, nei termini di Schafer) è evocare un significato esplicito, che, dal punto di vista dell'analisi della scena uditiva, dovrebbe essere rilevabile e riconoscibile il più chiaramente possibile dagli utenti. Nel nostro approccio, la sonificazione vuole evitare di perturbare il *flow* ottimale durante l'esperienza, rimanendo a un livello di ascolto semi-cosciente: la sonificazione emerge senza effetti di sorpresa, potenzialmente intrusivi o fastidiosi, giocando con il confine tra primo piano e sfondo (tra *Signals* e *Keynotes*). Questo vincolo influenza varie caratteristiche del modello di sonificazione: impone la necessità di un flusso sonoro di sfondo a una scala temporale molto lenta, come strato stabile attraverso il quale gli eventi di sonificazione possono emergere in modo controllato, evitando contrasti e sorprese. Il nostro approccio mira a evocare, incoraggiare, e persino suscitare implicitamente o semi-coscientemente determinate qualità del movimento, tra cui la fluidità⁴³ o la sincronizzazione del comportamento in una diade o in un piccolo gruppo di utenti. La sonificazione interattiva delle qualità del movimento mira a indurre i partecipanti a raggiungere le qualità di movimento desiderate:⁴⁴ ad esempio, incoraggiando progressivamente la riduzione di fragilità o rigidità nel movimento, verso una esecuzione fluida e continua, o portando una coppia che esegue un'azione congiunta ad aumentare il livello di sincronizzazione o di "entrainment", come ad esempio nel caso del dipinto di Luca Cambiaso *Battesimo di Cristo*, in cui i partecipanti a coppie vedono attraverso i corpi il gesto affettivo di Giovanni Battista mentre battezza Gesù.

Design sottrattivo: nel nostro approccio, la salienza è creata dalla sottrazione, anziché dall'aggiunta di suono. Un paesaggio sonoro continuo, costantemente presente (in lenta evoluzione seguendo le qualità del movimento dell'utente a diverse scale temporali) dall'inizio alla fine di una sessione, può scomparire brevemente in determinate circostanze, per creare un momento saliente, per suscitare attenzione.

Silenzio. È un caso particolare di design sottrattivo. Il linguaggio musicale include esplicitamente una notazione per il silenzio: i simboli di pausa indicano l'assenza di un suono per una durata definita. Nella nostra architettura di sonificazione sia il primo piano che lo sfondo tendono ad essere continui, molto lievi nella presenza, e a supportare il flusso dell'esperienza, ma punteggiati da silenzi significativi. Alcuni di questi silenzi si verificano in primo piano, altri si verificano sullo sfondo. L'uso di uno sfondo artificiale è anche finalizzato a migliorare la liminalità⁴⁵ in termini di comfort acustico, mascherando rumori indesiderati (ad esempio provenienti dall'esterno).

Inoltre, la progettazione della sonificazione prevede che la rilevazione di caratteristiche come ad esempio impulsività, rigidità e fragilità nel movimento portino a una sottrazione di caratteristiche della sonificazione per amplificarne l'efficacia: questo contribuisce a indurre, spesso in modo semi-conscio, la produzione di movimenti fluidi, che a loro volta alimentano la ricchezza timbrica della sonificazione. L'uso del silenzio rappresenta infine un altro esempio di gioco al confine tra sfondo e primo piano: l'interruzione improvvisa di uno sfondo sonoro (*Key-*

note) tende a diventare un evento vero e proprio (*Signal*).

Polifonia e tecniche di orchestrazione per la sonificazione di diadi e piccoli gruppi. Nel caso di più utenti, o di un movimento congiunto di un partecipante con un agente umanoide virtuale (i manichini in *DanzArTe* derivati dai disegni preparatori dei dipinti di Luca Cambiaso),⁴⁶ le tecniche di orchestrazione, così come il timbro e l'evoluzione del contenuto armonico, hanno l'obiettivo di ottenere flussi di sonificazione distinti e chiaramente percepibili, oppure di progettare una sonificazione univoca e chiaramente percepibile di una unica caratteristica del gruppo, come ad esempio il livello di coinvolgimento del gruppo di utenti o tra un utente e un agente virtuale. In *DanzArTe* la sonificazione dei movimenti del manichino e quella dell'utente presentano "firme" chiaramente distinte, mentre lo sfondo crea un fattore unificante.

5. Conclusioni

I principi descritti nell'articolo delineano un approccio trans-disciplinare sviluppato nell'ambito dei settori museale, della salute e in generale del welfare culturale, adottato in *DanzArTe* e in altri casi: nel progetto europeo *ICT STARTS ReSilence*⁴⁷ per la progettazione di tecnologie per il trattamento e il contrasto della intrusività del paesaggio sonoro urbano; nel progetto *RespirArTe*⁴⁸ la sonificazione interattiva del movimento espressivo contribuisce alla creazione di una esperienza immersiva per promuovere la coordinazione tra respiro e movimento del corpo, scoprendo progressivamente l'emozione di meraviglia, sublime, evocata da dipinti di

paesaggio nei secoli XVII-XIX. Sviluppi in corso di realizzazione riguardano una più profonda integrazione di modelli di IA nel processo di sviluppo di *interaction design* e nei sistemi risultanti: ad esempio, modelli di *multimodal machine learning* dell'interazione tra movimento e sonificazione; modelli generativi per la sintesi di movimenti espressivi (*implied expressive motion*) a partire da una postura saliente in un dipinto, per (ri)scoprire e vedere attraverso i movimenti del proprio corpo il gesto affettivo nel dipinto.

Ringraziamenti

Il progetto *DanzArTe* è stato supportato da Fondazione Compagnia di San Paolo - Cultural Wellbeing Lab e dal progetto europeo *HE FET PRO-ACTIVE EnTimeMent*. Il progetto *RespirArTe* è stato parzialmente supportato dal progetto *RAISE* (PNRR, Mission 4, Component 2, Investment 1.5). Desideriamo ringraziare i revisori anonimi per i preziosi suggerimenti.

Endnotes:

- 1 Crocker 1981.
- 2 Ramazzini 1713.
- 3 Thaut 2015.
- 4 Chiu 2025; De Martino 1961.
- 5 Schafer 1977.
- 6 Ingold 2001.
- 7 Schütte, Marks, Wenning et al. 2007.
- 8 Zaferiou, Hirsch, Bacani et al. 2025.
- 9 Spence 2020.
- 10 <https://www.youtube.com/Infomuslab> (ultima consultazione il 18/06/2026).
- 11 Camurri, Volpe, De Poli et al. 2005
- 12 <https://dance.dibris.unige.it> Camurri, Volpe, Piana et al. 2016; Niewiadomski, Mancini, Cera et al. 2019.
- 13 <https://entiment.dibris.unige.it>; Bieńkiewicz, Smykovskyi, Olugbade et al. 2021; Beyan, Karumuri, Volpe et al. 2021.
- 14 Niewiadomski, Mancini, Cera et al. 2019.
- 15 Piana et al. 2016.
- 16 Bieńkiewicz, Smykovskyi, Olugbade et al. 2021
- 17 Sacco 2017; Cicerchia 2022.
- 18 Camurri, Seminerio, Morganti et al. 2024.
- 19 Corbellini, Ferrari, Gasparotti et al. 2026.
- 20 Valéry 1939, p. 96.
- 21 Bell 2002.
- 22 Csikszentmihalyi 2008.
- 23 Camurri, Mazzarino, Volpe et al. 2003.
- 24 <https://ariel.unige.it>.
- 25 <https://dance.dibris.unige.it>
- 26 <https://it-it.facebook.com/atlantedelgestoGenova> (ultima consultazione il 18/06/2026).
- 27 Niewiadomski, Mancini, Cera et al. 2019.
- 28 Vaessen, Abassi, Mancini et al. 2018.
- 29 Singh, Piana, Pollarolo et al. 2016.
- 30 <https://cordis.europa.eu/project/id/688865/results> (ultima consultazione il 18/06/2026).
- 31 Cera, Canepa, Ferrari et al. 2022; Camurri, Seminerio, Morganti et al. 2024; Barbagelata, Morganti, Seminerio et al. 2024.
- 32 Cera, Canepa, Ferrari et al. 2022; Camurri, Seminerio. Morganti et al. 2024; Barbagelata, Morganti, Seminerio et al. 2024.
- 33 Chirico, Pizzolante, Kitson et al. 2022.
- 34 <https://www.youtube.com/user/InfoMusLab> (ultima consultazione il 18/06/2026).

- 35 Barbagelata, Morganti, Seminerio et al. 2024.
- 36 Spence 2020; Stanton, Spence 2020.
- 37 Camurri, Volpe, De Poli et al. 2005; Camurri, Volpe, Piana et al. 2016.
- 38 Camurri Volpe, De Poli et al. 2005; Camurri, Volpe, Piana et al. 2016.
- 39 Schafer 1977.
- 40 Fraisse 1983; Botteldooren, De Coensel 2009.
- 41 Camurri, Seminerio, Morganti et al. 2024.
- 42 Albornò, Cera, Piana et al. 2016; Camurri, Volpe, Piana et al. 2016.
- 43 Albornò, Cera, Piana et al. 2016;
- 44 Thaler, Sunstein 2021.
- 45 Bell 2002.
- 46 Camurri, Seminerio, Morganti et al. 2024
- 47 <https://www.resilience.eu> (ultima consultazione il 18/06/2026).
- 48 Corbellini, Ferrari, Gasparotti et al. 2026.

References:

Albornò, Cera, Piana et al. 2016: Albornò P., Cera A., Piana S. et al., *Interactive Sonification of Movement Qualities - A case study on Fluidity*, in “Proceedings of Ison 2016”, 2016, pp. 28-33.

Barbagelata, Morganti, Seminerio et al. 2024: Barbagelata C., Morganti W., Seminerio E. et al., *Resilience improvement through a multicomponent physical and cognitive intervention for older people: the DanzArTe emotional well-being technology project*, in “Aging Clin. Exp. Res.”, 2024, 36:72, pp. 1-10. <https://doi.org/10.1007/s40520-023-02678-3>.

Bell 2002: Bell G., *Making Sense of Museums – the Museum as Cultural Ecology*, in “Intel Labs”, 1, 2002, pp. 1-17.

Beyan, Karumuri, Volpe et al. 2021: Beyan C., Karumuri S., Volpe G. et al., *Modeling Multiple Temporal Scales of Full-Body Movements for Emotion Classification*, in “IEEE Transactions on Affective Computing”, 2023, 2, 14, pp. 1070-1081. DOI: <https://doi.org/10.1109/TAFFC.2021.3095425>.

Bieńkiewicz, Smykovskiy, Olugbade et al. 2021: Bieńkiewicz M.M., Smykovskiy A.P., Olugbade T. et al., *Bridging the gap between emotion and joint action*, in “Neuroscience & Biobehavioral Reviews”, 2021, 131, pp. 806-833. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.08.014>.

Botteldooren, De Coensel 2009: Botteldooren D., De Coensel B., *Informational masking and attention focussing on environmental sound*, in “NAG/DAGA Proceedings”, 2009, pp. 399-402.

Camurri, Mazzarino, Volpe et al. 2003: Camurri A., Mazzarino B., Volpe G. et al., *Application of multimedia techniques in the physical rehabilitation of Parkinson’s patients*, in “Journal of Visualization and Computer Animation”, 2003, 5, 14, pp. 269-278. DOI: <https://doi.org/10.1002/vis.324>.

Camurri, Seminerio, Morganti et al. 2024: Camurri A., Seminerio E., Morganti W., Canepa C., Ferrari N., Ghisio S., Cera A., Coletta P., Barbagelata M., Puleo G., Nolasco I., Costantini C., Senesi B., Pilotto A., *Development and validation of an art-inspired multimodal interactive technology system for a multi-component intervention for older people: a pilot study*, Front. Comput. Sci. 5:1290589, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/fcomp.2023.1290589>.

- Camurri, Volpe, De Poli et al. 2005: Camurri A., Volpe G., De Poli G., Leman M., *Communicating expressiveness and affect in multimodal interactive systems*, in “IEEE Multimedia”, 2005, 1, 12, pp. 43-53. DOI: <https://doi.org/10.1109/MMUL.2005.2>.
- Camurri, Volpe, Piana et al. 2016: Camurri A., Volpe G., Piana S. et al., *The Dancer in the Eye: Towards a Multi-Layered Computational Framework of Qualities in Movement*, in “Proceedings of 3rd International Symposium on Movement and Computing (MOCO)”, 2016, pp.1-7. DOI: <https://doi.org/10.1145/2948910.2948927>.
- Cera, Canepa, Ferrari et al. 2022: Cera A., Canepa C., Ferrari N. et al., *Interactive sonification of expressive gesture: the DanzArTe - emotion wellbeing technology project*, in “XXIII Colloquium on Musical Informatics - AIMI”, 2022, pp. 79-86.
- Chirico, Pizzolante, Kitson et al. 2022: Chirico A., Pizzolante M., Kitson A. et al., *Defining transformative experiences: A conceptual analysis*, in “Frontiers in Psychology”, 2022, 13, p. 790300. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.790300>.
- Chiu 2025: Chiu R., *Music and Health*, in Poole K., Honisch E.S., Zanovello G. (eds.), *Music and Health*, London-New York, Routledge, 2025. DOI: <https://doi.org/10.4324/9780367347093-RERW263-1>.
- Cicerchia 2022: Cicerchia A., *Indicators for local policies of cultural welfare: content, dimensions, and quality criteria*, in “City Territ Archit”, 2022, 9, 32. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40410-022-00179-w>.
- Corbellini, Ferrari, Gasparotti et al. 2026: Corbellini N., Ferrari N., Gasparotti C. et al., *Slow Mood, Aesthetic Resonance, and Embodied Interaction: Design Principles for Art-Aided Rehabilitation*, in “Proc. Intl. Workshop Movement and Computing (MOCO)”, 2026, pp. 1-5. DOI: <https://doi.org/10.1145/3802842.3802862>.
- Crocker 1981: Crocker M.J., *Noise control. Past experiences and needs*, in “Proceedings of the Inter-Noise and Noise-Con Congress and Conference, NoiseCon81”, 1981, pp. 11-16.
- Csikszentmihalyi 2008: Csikszentmihalyi M., *Flow: The Psychology of Optimal Experience*, New York, Harper Collins, 2008.
- De Martino 1961: De Martino E., *La Terra del Rimorso*, Milano, Il Saggiatore, 1961.
- Fraisse 1983: Fraisse P., *Perception and Estimation of Time*, in “Annual Review of Psychology”, 35, pp. 1-37. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ps.35.020184.000245>.
- Ingold 2001: Ingold T., *Four objections to the concept of soundscape*, in Ingold T., *Being alive: Essays on movement, knowledge and description*, London-New York: Routledge, 2001, pp. 136-139.
- Niewiadomski, Mancini, Cera et al. 2019: Niewiadomski R., Mancini M., Cera A., Piana S., Canepa C., Camurri A., *Does embodied training improve the recognition of mid-level expressive movement qualities sonification?*, in “Journal on Multimodal User Interfaces”, 2019, 3, 13, pp. 191-203. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12193-018-0284-0>.
- Piana et al. 2016: Piana S., Staglianò A., Odone F., Camurri A., *Adaptive body gesture representation for automatic emotion recognition*. ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems (TiiS), 2016, 6,1, pp. 1-31. DOI: <https://doi.org/10.1145/2818740>.
- Ramazzini 1713: Ramazzini B., *De Morbis Artificum Diatriba*, Modena, Capponi, 1713.
- Sacco 2017: Sacco P.L., *Health and Cultural welfare: A new policy perspective?*, in “Economia della cultura”, 2017, 27, 2, pp. 165-174.
- Schafer 1977: Schafer R.M., *The Tuning of the World*, New York, Knopf, 1977.
- Schütte, Marks, Wenning et al. 2007: Schütte M., Marks A., Wenning E., Griefahn B., *The development of the noise sensitivity questionnaire*, in “Noise & health”, 2007, 9, 34, pp. 15-24. DOI: <https://doi.org/10.4103/1463-1741.34700>.
- Singh, Piana, Pollarolo et al. 2016: Singh A., Piana S., Pollarolo D., Volpe G., Varni G., Tajadura-Jiménez A., CdeC Williams A., Camurri A., Bianchi-Berthouze N., *Go-with-the-*

Flow: Tracking, Analysis and Sonification of Movement and Breathing to Build Confidence in Activity Despite Chronic Pain, in “Human–Computer Interaction”, 2016, 31, 3-4, pp. 335-383. DOI: <https://doi.org/10.1080/07370024.2015.1085310>.

Spence 2020: Spence C., *Simple and complex crossmodal correspondences involving audition*, in “Acoustical Science and Technology”, 2020, 41, 1, pp. 6-12. DOI: <https://doi.org/10.1250/ast.41.6>.

Stanton, Spence 2020: Stanton T.R., Spence C., *The influence of auditory cues on bodily and movement perception*, in “Frontiers in Psychology”, 2020, 10:3001. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.03001>.

Thaler, Sunstein 2021: Thaler R.H., Sunstein C.R., *Nudge: The final edition*, London, Penguin, 2021

Thaut 2015: Thaut M.H., *Music as therapy in early history*, in Altenmüller E., Finger S., Boller F. (eds.), *Progress in Brain Research*, Amsterdam, Elsevier, 2015, 217, pp. 143-58. DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2014.11.025>.

Vaessen, Abassi, Mancini et al. 2018: Vaessen M.J., Abassi E., Mancini M., Camurri A., de Gelder B., *Computational feature analysis of body movements reveals hierarchical brain organization*, in “Cerebral Cortex”, 2018, 29, 8, pp. 3551–3560. DOI: <https://doi.org/10.1093/cercor/bhy228>.

Valéry 1939: Valéry P., *Nécessité de la Poésie*, in *Œuvres de Paul Valéry*, Éditions N.R.F., Paris, 1939, 11, pp. 87-103.

Zaferiou, Hirsch, Bacani et al. 2025: Zaferiou A., Hirsch Z., Bacani T., Dahl L., *A review of concurrent sonified biofeedback in balance and gait training*, in “Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation”, 2025, 22, 1, 38, <https://doi.org/10.1186/s12984-025-01565-4>.

