POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

Elaborazione di modelli 3D acustico-visivi per la percezione del suono in spazi storici

Original
Elaborazione di modelli 3D acustico-visivi per la percezione del suono in spazi storici / Shtrepi, L., Rovera, S., Teppati Lose', L., Chiabrando, F., Guastamacchia, A., Masoero, M., Astolfi, A.. - ELETTRONICO. - (2024), pp. 1-2. (50° Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Acustica 29-31 Maggio 2024).

Availability:
This version is available at: 11583/2990408 since: 2024-07-05T21:13:08Z

Publisher:
Associazione Italiana di Acustica

Published
DOI:

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

19 November 2026

Associazione Italiana di Acustica
50° Convegno Nazionale
Taormina, 29-31 Maggio 2024

ELABORAZIONE DI MODELLI 3D ACUSTICO-VISIVI PER LA PERCEZIONE DEL SUONO IN SPAZI STORICI

Louena Shtrepi (1), Stefano Rovera (1), Lorenzo Teppati Lose' (2), Filiberto Chiabrando (2), Angela Guastamacchia (1), Marco Masoero (1), Arianna Astolfi (1)

1) Dipartimento Energia "Galileo Ferraris", Politecnico di Torino, Torino, louena.shtrepi@polito.it; stefano.rovera@studenti.polito.it; angela.guastamacchia@polito.it; marco.masoero@polito.it; arianna.astolfi@polito.it
2) Dipartimento di Architettura e Design, Politecnico di Torino, Torino, lorenzo.teppati@polito.it; filiberto.chiabrando@polito.it

SOMMARIO

La valutazione tramite simulazioni acustiche immersive delle condizioni esistenti e del progetto architettonico in ambienti storici richiede una forte capacità di modellazione 3D. Molto spesso la documentazione grafica 2D non permette una ricostruzione precisa dello spazio. Data la complessità degli spazi si rende necessario un rilievo geometrico dettagliato che da un lato permette di ottenere un modello visivo adeguato e dall'altro lato fa emergere delle difficoltà nell'individuazione del corretto modello acustico. Questo studio ha come obiettivo quello di percorrere le fasi di acquisizione ed elaborazione del modello metrico 3D e analizzare le criticità nelle modellazioni utili ad architetti/designer, per la rappresentazione acustica-visiva immersiva.

1. Introduzione

Quando si tratta della rappresentazione acustico-visiva, un aspetto importante che va considerato è la validità ecologica [1]. Se l'ambiente esiste già, una misurazione di riferimento viene effettuata e utilizzata per confronti con la simulazione acustica. Nella previsione acustica, la qualità dei dati e la qualità della modellazione determinano le incertezze nell'impressione uditiva alla fine [2].

La qualità della modellazione diventa più complessa in spazi storici dove le geometrie e altri dettagli volumetrici e ornamentali diventano importanti per la modellazione visiva e/o acustica. Diverse ricerche hanno portato a individuare dei processi per la semplificazione geometrica [3] con l'obiettivo di ridurre i tempi di calcolo preservando l'accuratezza delle simulazione; mentre negli ultimi anni sono stati arricchiti questi studi aggiungendo l'obiettivo della virtualizzazione acustico-visiva [4,5] per esperienze immersive da utilizzare dai progettisti e dai clienti. Emerge che una metodologia comune non è stata ancora definita e che potrebbe essere difficile evidenziarla vista l'evoluzione continua dei software e la mancanza di riferimenti oggettivi e percettivi validi per diversi casi.

Questo studio ha come obiettivo quello di indagare il processo di costruzione dei modelli geometrici per le simulazioni acustico-visive di spazi storici. L'indagine percorre le fasi di acquisizione ed elaborazione del modello metrico 3D e analizza le criticità della modellazione.

2. Metodi

2.1 Caso Studio

In questa analisi viene preso come caso studio una sala conferenze all'interno del Museo Egizio di Torino. L'edificio che ospita gli spazi del museo dal 1824 è un edificio storico del 1687 [6]. L'edificio è sottoposto a lavori di restauro, rifunzionalizzazione e ammodernamento nel 2017. La sala conferenze si trova al piano terra ed è caratterizzata da una pianta rettangolare con superficie di circa 137 m^2 e capienza di circa 100 persone. Il volume è caratterizzato da una volta a padiglione con lunette posizionata a circa 7,5 m. Lo studio si è concentrato sulla corretta modellazione della volta di questo spazio storico ai fini della accurata simulazione acustica.

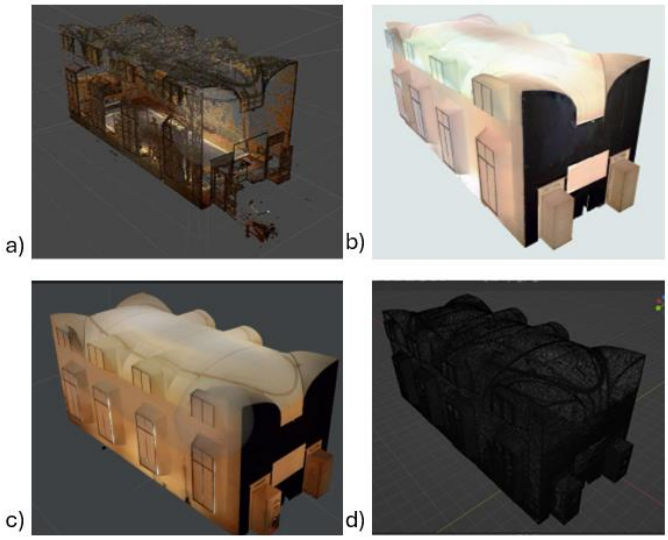


Figura 1 – Rilievo a) fotogrammetrico con rappresentazione della nuvola di punti densa ottenuta dall'allineamento delle immagini, b) laser scanner con elaborazione delle scansioni in FARO SCENE, c) modellazione 3D con texture in *Agisoft Metashape tramite la fusione di dati laser e fotogrammetrici* d) importazione in *Blender* del modello *mesh*

2.2 Rilievo e costruzione del modello

La costruzione del modello 3D ha seguito diverse fasi di acquisizione, elaborazione e semplificazione geometrica (Figura 1). La prima fase del rilievo è stata costituita dal posizionamento e dalla misura di una serie di punti di controllo tramite tecniche topografiche a supporto delle successive fasi di acquisizione ed elaborazione.

È stato poi effettuato un rilievo fotogrammetrico tramite due diverse fotocamere ed un piccolo drone. Successivamente le immagini 2D acquisite sono state processate tramite un approccio SfM (*Structure from Motion*) all'interno del software *Agisoft Metashape (AM)*. *AM* è un software commerciale di fotogrammetria ampiamente utilizzato per la creazione di modelli 3D a partire da immagini e dati di scansione. Inoltre, per sopperire alla mancata ricostruzione di alcune aree della sala dovuta all'uniformità di colore e texture, sono state effettuate cinque scansioni laser tramite un Faro Focus^{3D} X330 successivamente elaborate con il software *FARO SCENE*. Le nuvole di punti così ottenute

Associazione Italiana di Acustica, 2024
ISBN: 978-88-88942-69-8

sono state trasformate in mesh poligonali ed esportate per essere ulteriormente processate.

Il software open source *Blender* è stato utilizzato per elaborare il modello ottenuto dal processo laser-SfM. Solo la volta è stata considerata nelle semplificazioni a cui stata sottoposta la *mesh* ottenuta da AM. Le modiche sono state effettuate in *Blender* con l'applicazione del modificatore *Remesh* in modalità *Sharp* che applica un reticolo uniforme con suddivisione quadrilaterale e permette di preservare gli angoli e la topologia della geometria originale (Figura 2 e Tabella 1).

Tabella 1 – Dati di Input per il *Remesh* del modello 3D della volta in *Blender*.

Dati d'ingresso	**Modelli**			
Remesh	M1	M2	M3	M4
Octree Depth	10	8	6	5
Scale	0.99	0.99	0.99	0.99
Sharpness	1	1	1	1
Smooth shading	off	on	on	on

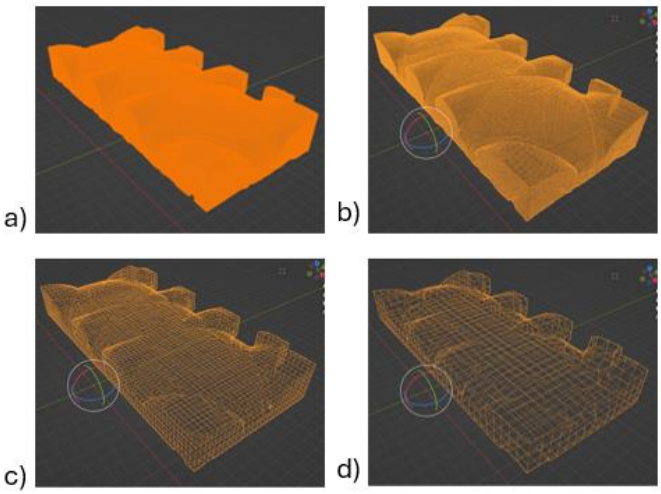


Figura 2 – Elaborazione dei modelli a) M1, b) M2, c) M3, e d) M4 all'interno del software Blender secondo i parametri della Tabella 1.

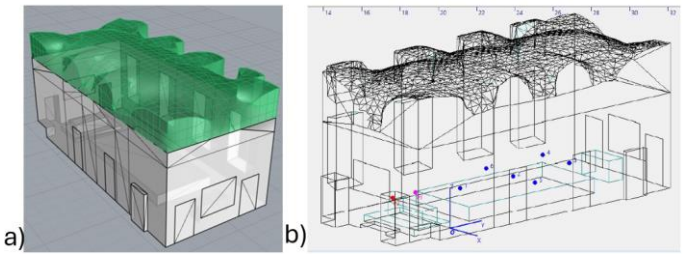


Figura 3 – a) completamento del modello 3D e b) importazione del modello in uno dei software acustici (*Odeon*)

Nello step successivo è stato utilizzato il software *Rhinoceros* dove si sono allineati i vertici che erano i punti di contatto con la geometria del modello acustico della sala attraverso il comando *Set Point* nelle 3 diverse direzioni degli assi del sistema di riferimento locale (Figura 3a). In fine, i modelli 3D sono stati importati in uno dei software utilizzati per le simulazioni acustiche (*Odeon*). La Figura 3b visualizza il modello selezionato per le simulazioni e il set-up di microfoni e sorgenti posizionate con riferimento al set-up delle misurazioni acustiche.

3. Risultati e discussione

3.1 Modello visivo

Il modello visivo utilizzabile per poter ottenere l'immersività visiva ha mostrato la necessità di effettuare delle acquisizioni fotogrammetriche in condizioni di illuminazione adeguata per poter acquisire le texture in modo più appropriato. Questo modello dello stato di fatto potrebbe essere elaborato per ospitare diverse soluzioni progettuali ed effettuare test percettivi acustico/visivi.



Figura 4 – Immagine 360° in *FARO SCENE* utilizzate per la renderizzazione visiva insieme ai dati delle *texture* raccolti con la fotogrammetria.

3.2 Modello acustico

L'elaborazione del modello acustico ha mostrato la complessità della procedura di semplificazione. Inoltre, è emersa la necessità di avere dei criteri più definiti per poter concludere il processo di semplificazione. Per ora il processo è significativamente influenzato dalle capacità di modellazione dell'operatore e non sono definiti dei criteri geometrici/acustici che possano tenere conto delle esigenze della rappresentazione 3D con audio immersivo.

4. Conclusioni

Questo studio ha come obiettivo quello di indagare il processo di costruzione dei modelli geometrici per le simulazioni acustiche visive di spazi storici a partire da dati metrici 3D. Seguendo un workflow tipico è stato sottolineato di come il processo potrebbe essere influenzato significativamente dalle capacità dell'operatore. Sono emersi diversi punti da indagare ulteriormente: workflow più definiti e che possano tenere in considerazione le diverse esigenze dei software di simulazione acustica e parametri acustici (oggettivi e soggettivi) che possano diventare di riferimento per validare il modello geometrico.

5. Ringraziamenti

Gli autori ringraziano per la collaborazione Il Museo Egizio di Torino. Inoltre, ringraziano Giuseppina Emma Puglisi, Elena Badino e Lorenzo Lavagna per il supporto durante le misure acustiche e Beatrice Tanduo per il supporto nel rilievo geometrico.

6. Bibliografia

[[1] Brinkmann, F., et al.. *A Round Robin on Room Acoustical Simulation and Auralization*. The J. Acoust. Soc. America 145 (2019), 2746–2760.

[2] Vorländer, M. 2020. Auralization. Springer Nature. ISBN: 1865-0902

[3] Siltanen, S., Lokki, T., Savioja, L,., Lynge, C. *Geometry reduction in room acoustics modelling*. Acta Acustica united with Acustica. 94 (2008): 410-418.

[4] Llorca-Bofí, J., Witew, I., Redondo, E., Vorländer, M. 3D modelling photogrammetry to supprot acoustic measurements and derive geometries for simulation. In: Auditorium Acoustics, 2018, Hamburg.

[5] Llorca-Bofí, J. and Vorländer, J. *Multi-Detailed 3D architetural framework for sound perception research in virtual reality*. Frontiers in Built Environment. 2021

[6] https://www.accademiadellescienze.it/sede (ultimo accesso 14 Aprile 2024)